



**Universidade de Aveiro** Departamento de Geociências  
2011

**LIA RAQUEL  
MACHADO COELHO**

**ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOQUÍMICOS E GEOFÍSICOS  
NA VIDREIRA DO CÔVO**







**LIA RAQUEL  
MACHADO COELHO**

**ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOQUÍMICOS E GEOFÍSICOS  
NA VIDREIRA DO CÔVO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Geomateriais e Recursos Geológicos, realizada sob a orientação científica do Doutor Fernando Ernesto Rocha de Almeida, Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e do Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.



*Aos meus pais, José e Camila*



## **o júri**

presidente

Prof. Doutora Maria do Rosário Mascarenhas de Almeida Azevedo  
professora auxiliar da Universidade Aveiro

Prof. Doutora Deolinda Maria dos Santos Flores Marcelo da Fonseca  
professora catedrática da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (arguente)

Prof. Doutor Fernando Ernesto Rocha de Almeida  
professor associado da Universidade de Aveiro (orientador)

Prof. Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva  
professor catedrático da Universidade de Aveiro (orientador)



## **agradecimentos**

Foram muitas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização do presente trabalho, às quais gostaria de expressar a minha gratidão.

Ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Almeida, pelos conhecimentos passados, pela compreensão, pela disponibilidade, paciência e destreza ao longo do trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Eduardo Ferreira da Silva o meu muito obrigado pelo incansável apoio por todas as fases menos boas que nestes últimos tempos eu passei, e as quais com muita preocupação sempre acompanhou. Pela sua enorme paciência e contínua dedicação, pelo incentivo, pela disponibilidade, pelos conhecimentos transmitidos, pelas críticas e sugestões que foram surgindo assim como pela sua coerência na condução deste trabalho. Acima de tudo pela sua amizade.

Ao D. Sebastião de Castro e Lemos por permitir a continuidade da realização deste estudo na sua propriedade.

Ao Mestre Carlos Granjeira por me ter ajudado na execução e na utilização prática do protótipo de equipamento usado para a Prospeção Geofísica.

À Mestre Cristina Sequeira pela amizade, simpatia e pela disponibilidade tanto pessoal como profissional na análise dos vidros usando o microscópio eletrónico de varrimento.

Ao Mestre Pedro Garcia pela confiança na continuidade do trabalho por ele iniciado, pela sua disponibilidade e por todo o apoio ao longo do trabalho de campo.

Ao Sr. João Graça, pela sua disponibilidade e apoio prestado durante o trabalho de campo.

Aos funcionários do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

À bibliotecária Anabela Teles da Universidade de Aveiro, pela sua simpatia e disponibilidade.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram através da sua compreensão, paciência, apoio incondicional e coragem que sempre me deram. Aos meus irmãos pelo apoio. À minha querida Avó pelos valores que enquanto viva me transmitiu.

À Cris Milhões pela sua presença, incentivo, compreensão, dedicação e paciência que teve comigo.

Aos colegas e amigos pela força dada na concretização deste percurso. Não vou mencionar nomes pois eles sabem quem são.





## **palavras-chave**

prospecção geoquímica, solos, prospecção geofísica, resistividade elétrica, análise componentes principais, vidros, quinta do Côvo, arqueologia industrial

## **resumo**

A atual Quinta do Côvo, antiga fábrica da Vidreira do Côvo, situa-se no concelho de Oliveira de Azémeis. Esta foi a primeira fábrica de vidro do Norte de Portugal e esteve em funcionamento descontínuo desde 1520 até 1924, ano em que encerrou definitivamente.

O quartzo ou o seixo existente nas pedreiras de Vermoim, depois de esmagados, eram uma alternativa às areias como matéria-prima base ao fabrico do vidro; o barro e a argila que afloravam no espaço da propriedade eram utilizáveis tanto na construção de material refratário para os fornos, como para o fabrico dos potes (cadinhos) destinados à fusão do vidro; os cursos de água existentes (água do rio Antuã e o ribeiro proveniente da extração dos Caulinos) permitiam a movimentação de engenhos hidráulicos na preparação de matérias-primas; a lenha que provinha da extensa mata servia de combustível para o funcionamento dos fornos; e o tipo de vegetação que se podia recolher na zona era utilizável, depois de queimada e submetida a um processo de lixiviação, como fundente da sílica. Devido às suas naturais características, o Côvo foi o local ideal para o desenvolvimento da indústria vidreira.

Estabelecendo as relações entre as variáveis geoquímicas e geofísicas no contexto da arqueologia industrial, o objetivo desta dissertação é propor um modelo ocupacional que permita definir um zonamento arqueológico integrado.

Neste estudo foram colhidas 70 amostras de solo, em 2 campanhas de amostragem que foram posteriormente analisadas por ICP-MS OPTIMA para 58 elementos. Foram também realizadas 33 medições de resistividade elétrica, usando o dispositivo pólo-pólo em que a aquisição de dados foi feita através de um protótipo de equipamento através de 8 eléctrodos não polarizáveis desenvolvido no âmbito deste trabalho. Ainda foram feitas 3 medições em cada local de amostragem com o dispositivo de Wenner e Schlumberger. Quanto aos fragmentos de vidros encontrados, foram realizadas análises químicas por ICP-MS OPTIMA como também foram observados através do Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM). Os dados obtidos foram tratados por métodos univariados, bivariados e multivariados, utilizando o método fatorial análise em componentes principais.

A integração dos dados geoquímicos e geofísicos revelou um factor que foi cartografado, onde se representa um modelo ocupacional que define um zonamento arqueológico que está ligado ao processo de fabrico de vidros no Côvo e que conduzirá a novos e mais detalhados estudos.



**keywords**

geochemical prospection, soils, geophysics prospection, electrical resistivity, principal components analysis, glasses, Covo's farm, industrial archeology

**abstract**

The Covo's Farm, old Covo's Glass Factory, is located in Oliveira de Azeméis. This has been the oldest glass factory in Northern Portugal and has been in discontinuous operation from 1520 to 1924, year in which it closes permanently.

Quartz or flint existing in Vermoim quarries, after crushed, were an alternative to sand as a raw material for the manufacture of glass; the clay materials that outcropped in the property were used both in the construction of refractory material for kilns and for the manufacture of melting pots, intended for glass fusion; the existing watercourses (such as water extracted from the Antuã river and a stream from the kaolins exploitation) allowed the movement of hydraulic devices in the raw materials crushing; the wood from the extensive forest served as a fuel to the operation of the kiln; the type of vegetation liable to collect was usable, after burning and submitted to a leaching process, as a melting material of silica. Due to its local natural characteristics, Covo was the best location for the development of glass industry.

Establishing the relationships between geochemical and geophysical variables in the context of industrial archeology, the aim of this dissertation is to propose an occupational model that allows to establish an archaeological zoning.

In this study were collected 70 samples of soil, in two sampling surveys which were subsequently analyzed by ICP-MS OPTIMA for 58 elements. Were also performed 33 measurements of electrical resistivity, using the Pole-Pole array in which the data acquisition has been done by a prototype of equipment, through 8 non-polarized electrodes, developed in the framework of this work. Three measurements were also made in each sampling site with the Wenner and Schlumberger arrays. About the glass fragments founded, chemical analyzes were performed by ICP-MS OPTIMA and they were also observed by the Scanning Electron Microscope (SEM). The data were processed by univariate, bivariate and multivariate methods, using the factorial method in the Principal Components Analysis.

The integration of geophysical and geochemical data revealed a factor that has been mapped, which represents a occupational model that defines an area that will be linked to the Covo glass manufacturing process leading to further more detailed studies.



# Índice geral

Índice geral .....	i
Índice de figuras .....	iii
Índice de quadros .....	vii
Índice de anexos .....	ix
1. Introdução geral .....	1
1.1. O caso de estudo .....	1
1.2. Objetivos .....	7
1.3. Organização e conteúdo da tese .....	7
2. Enquadramento da zona em estudo .....	9
2.1. Enquadramento geográfico .....	9
2.2. Enquadramento Geomorfológico e Geológico .....	11
2.2.1. Síntese geral .....	11
2.2.2. Geomorfologia e Geologia .....	13
a) Depósitos eluvio-aluvionares .....	13
b) Metassedimentos do Ordovícico .....	14
c) Granitoides .....	15
2.3. Clima e rede hidrográfica .....	15
2.3.1. Temperatura .....	16
2.3.2. Precipitação .....	16
2.3.3. Velocidade do vento média .....	17
2.3.4. Rede Hidrográfica .....	18
2.4. Caracterização do Solo .....	18
2.5. Indústria .....	19
2.6. Componente arqueológica .....	20
3. Métodos e técnicas analíticas .....	25
3.1. Métodos Geofísicos .....	25
3.1.1. Resistividade Elétrica .....	25
3.1.1.1. Anisotropia das rochas .....	29
3.1.1.2. Dispositivos geoelectricos .....	30
3.1.2. Métodos e Técnicas - Campanha Geofísica .....	32
3.1.2.1. Conceção e escolha do protótipo de equipamento .....	32
3.1.2.2. Planeamento da prospeção geofísica .....	34
3.1.2.3. Definição da sequência de medições, obtenção, registo e processamento dos sinais e das amplitudes através do software LabView e Matlab .....	35
3.1.2.4. Variáveis geofísicas .....	40
3.2. Métodos Geoquímicos .....	42
3.2.1. Planeamento e distribuição dos locais de amostragem .....	42
3.2.2. Colheita e preparação das amostras .....	43
3.2.3. Análise química das amostras de solo e vidros .....	46
3.2.4. Análise mineralógica das amostras de solo .....	47
3.2.5. Análise da superfície das amostras de vidros .....	47
3.3. Métodos Estatísticos de Tratamento de dados .....	47
4. Análise e interpretação dos dados geofísicos .....	49
4.1. Dispositivo de Wenner e Schlumberger .....	49
4.2. Dispositivo Pólo-Pólo (Protótipo) .....	52
4.3. Cálculo das variáveis .....	57
4.4. Análise em Componentes Principais .....	61
5. Análise de dados mineralógicos e geoquímicos .....	69
5.1. Amostras de vidros e vidraças .....	69
5.2. Amostras de solos .....	89
5.2.1. Caracterização mineralógica das amostras de solo .....	89

5.2.2.	Caracterização geoquímica das amostras de solo .....	90
5.2.3.	Utilização da análise descritiva univariada no estudo das relações e distribuição das variáveis.....	90
5.2.4.	Análise em Componentes Principais (ACP).....	92
5.2.5.	Distribuição espacial dos elementos químicos.....	99
6.	Integração de dados e Conclusões.....	145
7.	Referências Bibliográficas .....	149
8.	Anexos.....	153
8.1.	ANEXO I .....	155
8.2.	ANEXO II .....	157
8.3.	ANEXO III .....	159
8.4.	ANEXO IV .....	161
8.5.	ANEXO V .....	163
8.6.	ANEXO VI.....	167
8.7.	ANEXO VII.....	177
8.8.	ANEXO VIII.....	179
8.9.	ANEXO IX.....	181
8.10.	ANEXO X.....	183

## Índice de figuras

Figura 1.1 – Mata do Côvo (início do séc. XX) (foto retirada de Santos, 2002) .....	2
Figura 1.2 – Solar e fábrica de vidraça do Côvo (início do Séc. XX) (foto retirada de Santos, 2002) .....	3
Figura 1.3– Monumento dedicado à indústria do vidro (foto retirada de Santos, 2002) .....	5
Figura 1.4 – Atual Quinta do Côvo (fotos Lia Coelho, 2010) .....	6
Figura 2.1- Excerto da folha 154 - São João da Madeira, da carta militar de Portugal à escala 1:25000 - Instituto Geográfico do Exército, sobreposto com a área global da Quinta do Côvo (Garcia, 2009) e a zona do edificado .....	9
Figura 2.2 –(a) Ortofotomapa da zona em estudo; (b) Pormenor da zona da Quinta do Côvo (retirado de Google Earth em 21/03/2011) .....	10
Figura 2.3 - Enquadramento geotectónico regional da faixa de cisalhamento de Porto-Tomar (Zona de Ossa-Morena / Zona Centro Ibérica) no Maciço Ibérico (Chaminé et al., 2003) .....	11
Figura 2.4 - Enquadramento geológico regional da área de estudo (Chaminé <i>et al.</i> , 2004) .....	12
Figura 2.5 - Excerto da folha 13-D (Oliveira de Azeméis) da Carta Geológica de Portugal de 2005 à escala 1:50000 – Instituto Geográfico de Exército, sobreposto com a área da Quinta do Côvo (linha a amarelo) .....	14
Figura 2.6- Localização da estação Meteorológica - Barragem de Castelo Burgães ( <a href="http://snirh.pt/">http://snirh.pt/</a> ) .....	15
Figura 2.7 - Representação gráfica da precipitação mensal (mm) ( $w_4$ ) .....	16
Figura 2.8 - Representação gráfica da precipitação diária para o mês de junho (mm) ( $w_4$ ) .....	17
Figura 2.9 - Representação gráfica da velocidade média mensal do vento (m/s) ( $w_5$ ) .....	17
Figura 2.10 - Representação gráfica da velocidade média diária do vento para o mês de junho (m/s) ( $w_5$ ) .....	18
Figura 2.11 – Perfil de solo (foto Lia Coelho, 2010) .....	18
Figura 2.12 - Representação dos solos (adaptado de Atlas do Ambiente digital) inserido no ArcGis (Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE) .....	19
Figura 2.13 - Ortofotomapa mostrando as subdivisões da área de estudo, na Quinta do Côvo (adaptado por Garcia, 2009) .....	20
Figura 2.14 - Vista geral (N-S) da Área 6, antes da realização dos trabalhos de limpeza, sendo visível à direita, a estrutura do telheiro em ruínas (adaptado por Garcia, 2009) .....	21
Figura 2.15 - Vista geral da área 6. a) e b) com direção N-S (fotos Lia Coelho, 2010) .....	22
Figura 2.16 - Vista geral segundo a direção S-N, podendo verificar-se a separação entre a base do engenho de moagem, a galeria e a zona empedrada (adaptado por Garcia, 2009) .....	22
Figura 3.1 - Parâmetros usados na definição da resistividade de um material (Kearey <i>et al.</i> , 1984) .....	27
Figura 3.2 – Fluxo de corrente a partir de um único eléctrodo à superfície (adaptado de Telford <i>et al.</i> 1990) .....	28
Figura 3.3 – Dispositivo de Wenner (Santos, 2006) .....	30
Figura 3.4 - Dispositivo Schlumberger (Telford <i>et al.</i> , 1990) .....	30
Figura 3.5 - Dipositivo Pólo-Pólo (adaptado de Gandolfo, 2007) .....	31
Figura 3.6 - ABEM Resistivímetro Terrameter modelo SAS 300B (foto Lia Coelho, 2010) .....	33
Figura 3.7 - Tapete de borracha isolante, do lado esquerdo a teoria, do lado direito o prático (foto Lia Coelho, 2010) .....	33
Figura 3.8 – Esquema da elaboração de um eléctrodo e concretização de eléctrodos não polarizáveis, à esquerda e à direita, respetivamente (adaptado de Auge, 2008 - esquerda) e (foto Lia Coelho, 2010 - direita) .....	34
Figura 3.9 – Localização da amostragem da campanha de prospeção geofísica (coincidente com a 2ª campanha) .....	35
Figura 3.10 - Limpeza dos locais através de uma enxada para posterior aquisição de dados (foto Lia Coelho, 2010) .....	36
Figura 3.11 – Retificação da colocação dos eléctrodos (fotos Lia Coelho, 2010) .....	36
Figura 3.12 - Placa DAQ NI e o computador portátil (foto Lia Coelho, 2010) .....	37
Figura 3.13 - Levantamento geofísico realizado com o dispositivo Pólo-Polo (foto Lia Coelho, 2010) .....	38
Figura 3.14 - Saída gráfica (L11) mostrando anisotropia elevada .....	39

Figura 3.15 - Do lado esquerdo mostra-se a configuração Wenner, do lado direito apresenta-se a configuração Schlumberger, usados no terreno (fotos Lia Coelho, 2010).....	40
Figura 3.16 - Localização das amostras de solo recolhidas na 1ª e 2ª campanha geoquímica.....	43
Figura 3.17- (a) Recolha, (b) armazenamento e (c) medição da profundidade de colheita das amostras (fotos Lia Coelho, 2010). ....	44
Figura 3.18 - Fluxograma da preparação física das amostras de solos. ....	45
Figura 3.19 - Alguns procedimentos após a receção no laboratório das amostras (fotos Lia Coelho, 2010). ....	46
Figura 4.1 - Cartografia das três medições de resistividades usando o dispositivo de Wenner e do Schlumberger. ....	51
Figura 4.2 – Cartografia dos valores de resistividade pa1 e pa2 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m. ....	54
Figura 4.3 - Cartografia dos valores de resistividade pa3, pa4, pa5 e pa6 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m. ....	55
Figura 4.4 – Cartografia dos valores de resistividade pa7 e pa8 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m. ....	56
Figura 4.5 - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V1, V2, V3, V4 expressas em Ohm.m). ....	58
Figura 4.6 - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V5, V6, V7, V8 expressas em Ohm.m). ....	59
Figura 4.7 – Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V9, expressas em Ohm.m e V10 e V11 em Ohm e V12 em graus). ....	60
Figura 4.8 - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V13 Adimensional e V14 em Ohm.m). ....	61
Figura 4.9 - Representação dos 5 primeiros fatores da análise de ACP. ....	62
Figura 4.10 - Representação do 1º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 2). ....	63
Figura 4.11 - Representação do 2º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 3). ....	64
Figura 4.12 - Representação do 3º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 4). ....	65
Figura 4.13 - Representação do 4º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 5). ....	65
Figura 4.14 - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 1 e 2. ....	66
Figura 4.15 - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 3, 4 e 5. ....	67
Figura 5.1 - Distribuição do vidro (a), da vidraça (b) e do quartzo (Qz - representado em termos de tipo de material encontrado). Figuras extraídas de Garcia (2009) com projeção no datum 73 Hayford Gauss IPCC. ....	69
Figura 5.2 - Distribuição do carvão (a), da escória (b) e da cerâmica (c). Figuras extraídas de Garcia (2009). ....	70
Figura 5.3 - Dendograma resultante da aplicação da classificação hierárquica “Cluster Analysis – Modo R” aos resultados das análises químicas dos fragmentos de vidros. ....	72
Figura 5.4 - Dendograma resultante da aplicação da classificação hierárquica “Cluster Analysis – Modo Q” aos resultados das análises químicas dos fragmentos de vidros. ....	74
Figura 5.5 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul porcelana" utilizando um microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). ....	75
Figura 5.6 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul claro" utilizando um microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). ....	76
Figura 5.7 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul claro" utilizando um microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). ....	77
Figura 5.8 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul" utilizando um microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). ....	78



Figura 5.9 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul escuro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	79
Figura 5.10 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "cor-de-rosa" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	80
Figura 5.11 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "amarelo" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	81
Figura 5.12 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "preto" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	82
Figura 5.13 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "branco leitoso" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	83
Figura 5.14 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "incolor" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	84
Figura 5.15 - Observação dos fragmentos de vidraça da tipologia "incolor" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	85
Figura 5.16 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	86
Figura 5.17 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde claro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	87
Figura 5.18 - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde médio" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	88
Figura 5.19 - Representação dos 6 primeiros fatores da análise de ACP.....	92
Figura 5.20 - Representação do 1º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 2).....	94
Figura 5.21 - Representação do 2º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 3).....	95
Figura 5.22 - Representação do 3º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 4).....	96
Figura 5.23 - Representação do 4º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 5).....	96
Figura 5.24 - Representação do 5º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 6).....	97
Figura 5.25 - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 1 e 2.....	97
Figura 5.26 - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 3, 4, 5, 6.....	98
Figura 5.27 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável $\text{Al}_2\text{O}_3$ (%).....	100
Figura 5.28 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ga (ppm).....	101
Figura 5.29 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%).....	102
Figura 5.30 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ni (ppm).....	103
Figura 5.31 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável MgO (%).....	104
Figura 5.32 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável $\text{TiO}_2$ (%).....	105
Figura 5.33 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%).....	106
Figura 5.34 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sc (ppm).....	107
Figura 5.35 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável LOI (%).....	108
Figura 5.36 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Co (ppm).....	109
Figura 5.37 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável V (ppm).....	110
Figura 5.38 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Y (ppm).....	111
Figura 5.39 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Se (ppm).....	112
Figura 5.40 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável $\text{K}_2\text{O}$ (%).....	113
Figura 5.41 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Rb (ppm).....	114

Figura 5.42 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Be (ppm). .....	115
Figura 5.43 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável CaO (%). .....	116
Figura 5.44 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Hf ppm). .....	117
Figura 5.45 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cs (ppm). .....	118
Figura 5.46 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sb (ppm). .....	119
Figura 5.47 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%). .....	120
Figura 5.48 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável As (ppm). .....	121
Figura 5.49 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ba (ppm). .....	122
Figura 5.50 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Nb (ppm). .....	123
Figura 5.51 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sr (ppm). .....	124
Figura 5.52 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ta (ppm). .....	125
Figura 5.53 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Tl (ppm). .....	126
Figura 5.54 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Mo (ppm). .....	127
Figura 5.55 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Th (ppm). .....	128
Figura 5.56 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável W (ppm). .....	129
Figura 5.57 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável SiO <sub>2</sub> (ppm). .....	130
Figura 5.58 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável U (ppm). .....	131
Figura 5.59 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Zr (ppm). .....	132
Figura 5.60 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Na <sub>2</sub> O (%). .....	133
Figura 5.61 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sn (ppm). .....	134
Figura 5.62 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cu (ppm). .....	135
Figura 5.63 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Pb (ppm). .....	136
Figura 5.64 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Zn (ppm). .....	137
Figura 5.65 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável MnO (%). .....	138
Figura 5.66 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cd (ppm). .....	139
Figura 5.67 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Bi (ppm). .....	140
Figura 5.68 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ag (ppm). .....	141
Figura 5.69 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Au (ppb). .....	142
Figura 5.70 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Hg (ppm). .....	143
Figura 6.1 - Representação dos 4 primeiros fatores da análise de ACP. ....	145
Figura 6.2 – Integração de dados geoquímicos e geofísicos com a área (sombreado) que estará ligada ao processo de fabrico de vidro do Côvo (datum 73 Hayford Gauss IPCC). ....	147

## Índice de quadros

Quadro 2.1- Valores da temperatura média mensal, média mensal histórica, média mensal mínima e máxima registadas na estação meteorológica da Barragem de Castelo de Burgães [w <sub>3</sub> ].	16
Quadro 3.1 - Resistividade de algumas rochas e minerais (Pessoa, 2008)	26
Quadro 3.2-Limites de deteção (LD) do método analítico (ICP-MS) utilizado na análise das amostras de solo.	47
Quadro 4.1 -Medições das resistências e cálculo das respetivas resistividades aparentes.	49
Quadro 4.2 - Espaçamento entre elétrodo (m).	50
Quadro 4.3 - Amplitudes obtidas com o software LabView e respetivos fatores geométricos calculados.	52
Quadro 4.4 - Valores calculados das Resistividades aparentes dos 8 elétrodo.	53
Quadro 4.5 - Cálculo das variáveis.	57
Quadro 4.6 - Valores próprios, variância explicada de cada fator e variância acumulada.	61
Quadro 4.7 - Coordenadas das 26 variáveis ativas nos 5 primeiros fatores.	62
Quadro 5.1 - Análises químicas dos fragmentos de vidros por ICP-MS.	71
Quadro 5.2 - Espécies químicas (agentes de coloração) utilizadas para dar cor aos vidros (Alves <i>et al.</i> , 2001).	73
Quadro 5.3 - Composição mineralógica de amostras de solo correspondentes à 1ª campanha.	89
Quadro 5.4 - Estatística descritiva do conjunto de dados analíticos (as variáveis Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cs, Cu, Ga, Hf, Hg, LOI, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn e Zr em ppm e SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , MnO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> em %).	91
Quadro 5.5- Valores próprios e variância explicada pelos 6 fatores extraídos da matriz de dados brutos.	92
Quadro 5.6 - Coordenadas das 44 variáveis dos seis primeiros fatores.	93
Quadro 5.7 - Quadro resumo das características geoquímicas das diferentes áreas	144
Quadro 6.1 - Valores próprios e variância explicada pelos 4 fatores extraídos da matriz de dados brutos.	145
Quadro 6.2 - Coordenadas das 13 variáveis dos quatro primeiros fatores.	146



## Índice de anexos

Anexo 1 - Configuração da DAQ - Adição dos oito canais elétricos que se usaram para medir a diferença de potencial. ....	155
Anexo 2 - Configuração da DAQ - Diagrama das respectivas ligações de cada cabo elétrico. ....	157
Anexo 3 - LabView - Painel frontal .....	159
Anexo 4 - LabView - Diagrama de blocos .....	161
Anexo 5 - Programação em Matlab.....	163
Anexo 6 - Resultados das análises químicas das amostras de solo realizadas na 1ª e na 2ª Campanha .....	167
Anexo 7 - ACP Geofísica.....	177
Anexo 8 - ACP Geoquímica (coordenadas das amostras nos fatores) .....	179
Anexo 9 - Integração dos dados Geoquímicos e Geofísicos (Fatores da geoquímica mais variáveis principais resultantes da ACP da Geofísica) .....	181
Anexo 10 - ACP da Integração dos dados Geoquímicos e Geofísicos.....	183



# 1. Introdução geral

## 1.1. O caso de estudo

O enquadramento histórico do caso de estudo apoiou-se principalmente no espólio (artigos sobre a Fábrica do Côvo) que o Padre Pereira da Costa facultou ao Arquivo Distrital de Aveiro. Este conjunto de documentos constituem os “Subsídios para a História da Indústria vidreira no Concelho de Oliveira de Azeméis (Casa e Fábrica do Côvo, e continuadoras desta no Concelho de Oliveira de Azeméis)”.

Pero Fernandes Moreno, não se sabe o ano de nascimento, mas quanto ao seu falecimento, terá sido em 1545, foi o primeiro senhor e fundador da grande Casa do Côvo. Mestre vidreiro, castelhano de origem, emigrou para Portugal e casou com Baralides de Olmedo com quem teve 5 filhos.

Depois da morte de Baralides, por volta de 1520, veio para o Norte e estabeleceu-se com um forno de vidro, no Côvo, no extremo Sul de Vila Chã de São Roque, do antigo termo da Feira (Costa, 1954). Os motivos da sua vinda para o Norte de Portugal desconhecem-se, porém, existem relatos de que a devastação das matas na região de Lisboa e Ribatejo, devido ao corte de árvores para lenha que servia de combustível aos fornos de vidro que existiam na região, teve como consequência o progressivo afastamento desta zona da indústria vidreira para se fixar noutras regiões (Santos, 2002).

Desde o Tejo à Galiza, não havia nenhuma fábrica de vidro, daí ser também natural que Pedro Moreno se viesse estabelecer na zona Norte, relativamente perto do Porto, na esperança de encontrar um bom mercado para a sua indústria.

Através do alvará de 1528 (primeiro documento e mais antigo), Pero Moreno para assegurar o seu vasto mercado, pediu através de um requerimento o exclusivo da venda e fabrico do vidro, desde a vila de Coruche até à fronteira da Galiza. D. João III concedeu-lhe esse exclusivo. Nesse requerimento ele referiu que já tinha um forno de vidro instalado para além de Coimbra, a Norte desta cidade em relação a Almeirim, onde foi passado o alvará, no lugar que mais tarde se designou de Côvo.

Uma velha lenda local diz que o primeiro senhor do Covo foi um homem que, para escapar às justças de el-rei, aqui se refugiou. A querer dar uns visos de verdade a esta lenda, há o facto de Pero Moreno ter usado vários apelidos, nomeadamente Pero de Almeida, Pero Moreno, depois Pero Fernandes, e, finalmente Pero Fernandes Moreno (Costa, 1954).

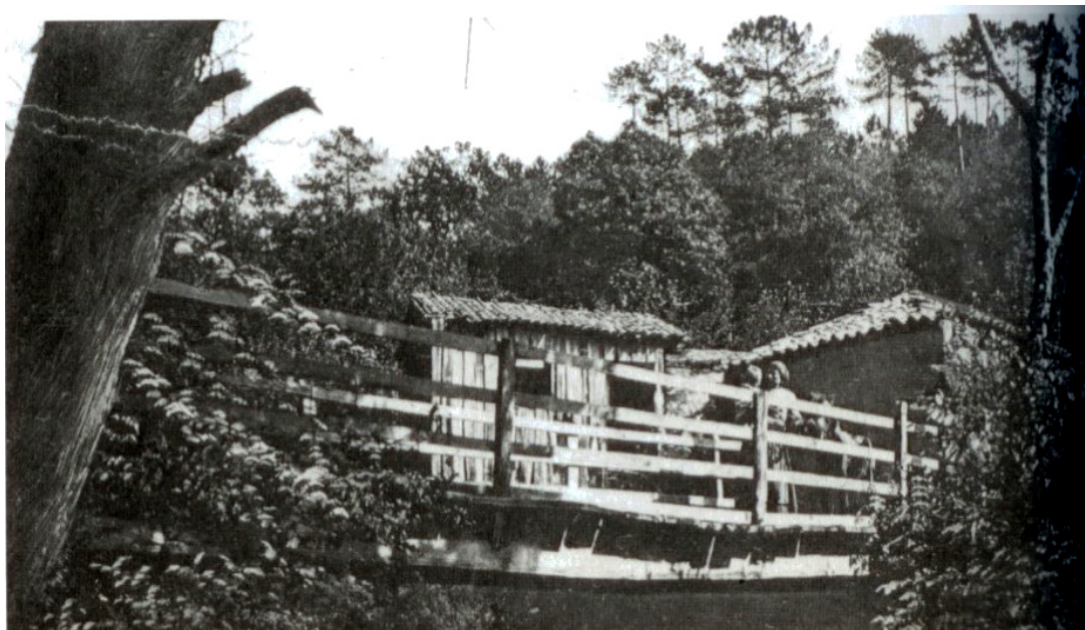
Muito possivelmente, estando já estabelecido no Côvo, Pero Moreno conheceu uma senhora de nome Violante Fernandes, com quem contrai segundas núpcias.

A indústria do vidro, para o seu pleno desenvolvimento, exigia frequentes deslocações por terras longínquas. Era preciso vender os produtos, procurar compradores e adquirir alguns materiais indispensáveis à sua laboração. Por isso, não tendo outros meios de transporte, o mestre vidreiro do Côvo requereu e conseguiu em 1533, licença régia para andar em «mulla ou faca, de sella e freo, posto que nam seja de marca», embora não tenha o grau de cavaleiro, «nem tenha cavallo» (Costa, 1954).

É possível que o estabelecimento de Pero Moreno, no Côvo, no início tivesse um carácter provisório. As condições do local particularmente favoráveis à indústria vidreira pela grande abundância de águas e de lenha (combustível), a vizinhança da principal estrada de ligação

entre o Norte e o Sul do País, e a proximidade do Porto, terra da mulher, acabaram por o decidir a fixar residência permanente (Costa, 1954).

Segundo Costa (1954), o Côvo era, nessa altura, um sítio ermo, de chão inculto e coberto de selvática e luxuriante vegetação. Mergulhado no fundo de longo e apertado vale, tem à sua volta cerradas florestas de grandes arbustos e árvores seculares, carvalhos e castanheiros, que sobem pelas encostas do Nascente e Poente, e lhe dão um aspeto sombrio e nada seguro. Pero Moreno, construiu casas de habitação, sobre uma saliência que se ergue no sopé da encosta do lado Poente, sobranceira ao rio, e junto às casas o forno de vidro, onde durante o tempo em que este não trabalhava, ajudado por empregados, cultivava os terrenos circundantes. O Côvo tinha áreas propícias à atividade agrícola (Figura 1.1).



**Figura 1.1** –Mata do Côvo (início do séc. XX) (foto retirada de Santos, 2002)

A Quinta e mata do Côvo pertencia, na sua génese, aos Condes da Feira, que em 1545 fizeram o empraçamento da mesma a Pero Moreno e à sua mulher Violante Fernandes, com efeitos perpétuos aos seus descendentes, que ficavam obrigados a replantar as árvores que abatiam, utilizando, para isso, exemplares de boa qualidade, com vista a que não fosse necessário procurar combustível fora dos limites da propriedade. Com esta clarificação evitavam-se conflitos na exploração da madeira. Além deste “senão”, existia um outro que dizia respeito aos terrenos agrícolas. Os limites da propriedade eram traçados que aproveitavam alguns acidentes naturais e caminhos onde ficou expresso que terrenos autorizados aos habitantes de Vermoim, Ossela, Vilar e Oliveira de Azeméis, ficavam excluídos deste empraçamento (Costa, 1954).

Enquanto outros centros vidreiros, tiveram de sucumbir por falta de combustível ou pela oposição que lhe moviam os povos vizinhos ao sentirem-se prejudicados pelo seu elevado consumo de lenha, o forno do Côvo, pôde trabalhar quase ininterruptamente durante quatro séculos sem nunca a lenha necessária escassear (Costa, 1954).

A zona do Côvo também acrescentava um rol de matérias-primas necessárias ao fabrico do vidro. A natureza “oferecia” o quartzo ou seixo de qualidade superior, nas pedreiras de Vermoim, a poucos quilómetros de distância, que depois de esmagados, eram uma alternativa às areias, como matéria-prima base ao fabrico do vidro; o barro e a argila que afloravam no



espaço da propriedade eram igualmente utilizáveis tanto na construção de material refratário para os fornos, como para o fabrico dos potes (cadinhos) destinados à fusão do vidro; os cursos de água existentes (água do rio Antua e o ribeiro proveniente da extração dos caulinos) permitiam a movimentação de engenhos hidráulicos na preparação de matérias-primas; o tipo de vegetação que se podia recolher na zona era utilizável, depois de queimada e submetida a um processo de lixiviação, como fundente da sílica.

Após a morte de Pero Moreno, quem toma conta da Casa do Côvo é a sua mulher, Violante Fernandes, dado a menoridade da filha, Antónia Fernandes.

Em 1593 a propriedade do Côvo foi alvo de um novo emprazamento, desta feita a D<sup>a</sup> Antónia Fernandes, viúva de Fernão Magalhães Teixeira, onde foram mantidos os limites do emprazamento original. Todos os alvarás eram vitalícios, e só produziam efeito durante a vida da pessoa a quem eram concedidos, portanto cada sucessor no governo da Casa e da Fábrica do Côvo tinha que requerer a renovação da carta do privilégio outorgado pelo alvará de 1528. A última renovação foi a de 1738, caducando pelo falecimento, em 1786, de D<sup>a</sup> Maria Madalena e desde essa altura que não voltou a ser confirmado. Por isso, esse ano, assinalou a data em que é extinto o antigo privilégio da fábrica do Côvo, pelo qual ninguém foi permitido, durante mais de duzentos e cinquenta anos, desde 1528 a 1786, instalar ou possuir qualquer forno ou fábrica de vidros em todo o Norte do país (Costa, 1955a).

Em 1790 a casa foi arrendada e foi entregue sob hipoteca a António de Castro e Lemos. Dois anos após, 1792, a fábrica do Côvo (Figura 1.2) e a da Marinha Grande, eram as únicas que trabalhavam no reino, e a sua produção, embora desigual, de garrafas pretas e outros objetos ordinários de vidro era insuficiente para as necessidades do país. Até aqui os progressos da indústria vidreira, desde as suas origens, pareciam ter sido muito pequenos. O processo de fabrico continuou a ser acanhado e rudimentar (Costa, 1955b). O problema residia não na matéria-prima de base (a sílica obtida a partir do quartzo é semelhante à obtida a partir da areia) mas sim no tipo de fundente aplicado (Tavares, 2009a).



**Figura 1.2** – Solar e fábrica de vidraça do Côvo (início do Séc. XX) (foto retirada de Santos, 2002).

Enquanto que em fornos localizados próximo da linha de costa a vegetação que servia de base à extração dos fundentes absorvia os sais marítimos, permitindo que, depois de queimada, do

processo de lixiviação fosse obtido sódio, na zona do Côvo apenas se conseguiu obter potassa, um produto que não permitia que o vidro fundisse com a mesma qualidade (Tavares, 2009a).

Segundo Costa (1555b), no fim do século anterior, antes de 1695, o dono da fábrica havia tentado por algumas vezes fazer vidro branco (cristalino), mas todas as tentativas falharam, pois o forno não oferecia capacidade nem condições para tal. Depois, durante toda a primeira metade do séc. XVIII, a fábrica só produziu vidro verde, escuro, em virtude do exclusivo que a fábrica de Coina tinha de só ela poder fabricar vidro branco.

Em 1749, foi retirado à fábrica de Coina, que nessa altura já trabalhava provisoriamente na Marinha Grande, o privilégio de exclusivo, e então o senhor do Côvo, Sebastião de Castro e Lemos procurou alcançar para a sua fábrica todas as regalias que aquela usufruiu, inclusive o dito privilégio sob a condição de não ser permitida a entrada de vidro de fora na três províncias por ele abastecidas – Minho, Douro e Trás-os-Montes (Costa, 1955b)

Segundo Costa (1555b), a ideia era boa e como tal animou-se a realizar obras na fábrica do Côvo, mas acabou por não dar em nada. Até que em 1792 chegou à Fábrica do Côvo, o desembargador Inácio de Castro Lemos e foi com o impulso deste senhor, que a indústria vidreira teve um notável incremento e conheceu o período do seu maior desenvolvimento em todos os tempos. Este progresso verificou-se pelo alargamento das antigas instalações, início de fabrico de vidro branco, vidraça e cristal, contratação de operários especializados e obtenção de alvarás dos privilégios concedidos a outras fábricas de maior categoria.

Segundo Costa (1955b), a fábrica nessa altura constava de: uma casa com dois fornos, um para coser e calcinar o seixo, e outro para calcinar os materiais já preparados; de uma outra grande casa onde se faziam os vidros com os instrumentos necessários, com um forno de dez bocas e outro para temperar os morteiros, e uma arca para temperar o vidro feito; duma terceira casa com uma grande caldeira para extrair os sais das cinzas; e duma outra casa ainda, onde se *“pulle e abre flores e letras nos vidros.”* Também existiu um forno de fazer mangas para as vidraças, outro para estender, várias repartições para encaixotamento dos vidros, e um engenho hidráulico (com uma grande roda movimentada por água), para moer os materiais, com um armazém na parte superior, onde se guardavam as potassas, a barrilha e o seixo que a fábrica utilizava.

Segundo Costa (1955b), a fábrica produziu chapas de vidraça, toda a espécie de garrafaria de vidro, copos e todo o vidro que fosse necessário, em cristal, onde a sua produção anual chegou às 22 mil peças de vidro.

A concessão de privilégios implicou a produção contínua e a existência de stocks para resposta à procura de vidros, e em meados de 1797 houve notícia que os fornos apenas trabalhavam cinco meses por ano, sendo os restantes destinados às operações de manutenção necessárias ao funcionamento dos mesmos.

Contudo, os últimos anos do Século XVIII trouxeram dificuldades financeiras que se agravaram no século seguinte, reflexo da situação do País.

Em 1807, morreu em Lisboa o grande propulsor da indústria vidreira do Côvo. Em 1832, a fábrica foi arrendada por três anos a Francisco Rocha Soares, de Vila Nova de Gaia. Desde então até 1867, as notícias acerca da sua atividade foram escassas, mas deve ter continuado a trabalhar. Entre 1887 a 1897 existem informações de que a fábrica do Côvo produziu apenas objetos de utilidade doméstica, copos, pratos, garrafas, fruteiras, em vidro de várias cores, branco incolor, verde, opala, etc.

Durante os últimos anos da sua existência, de 1894 a 1924, a Fábrica de Vidros do Côvo foi explorada em regime de arrendamento por seis sociedades comerciais, encerrando definitivamente em 1924. As seis fábricas que lhe sucederam foram as seguintes: Fábrica de Vidros de Bustelo Abreu, Castro e Comp.<sup>a</sup>; Fábrica a Vapor de Vidros, Cristais e Vidraça a Boémia Lda.; Fábrica de Vidros Progresso Lda.; Fábrica de Vidros Nossa Senhora de La-Salette, Lda. e a Sociedade Industrial Vidreira de Azeméis, Lda.

São os 400 anos de atividade que fazem desta a fábrica mais antiga e com mais prestígio em Portugal (Figura 1.3).



**Figura 1.3—** Monumento dedicado à indústria do vidro (foto retirada de Santos, 2002).

O atual centro Vidreiro do Norte de Portugal, em Oliveira de Azeméis, é o continuador da Fábrica do Côvo, tendo sido o introdutor, em Portugal, em 1928, do fabrico mecânico de frascaria para perfumes e embalagens farmacêuticas (Santos, 2002).

Presentemente, o centro Vidreiro ainda labora e a sua relevância na tradição do fabrico do vidro justificou plenamente a criação do Museu do Centro Vidreiro, onde se podem ver magníficos e originais trabalhos de lapidação em vidro doublé, frascos do século XVII, equipamento industrial do princípio do século XX, máquinas de escritório dos anos 30 e 50, bem como o Jarrão que esteve exposto na Exposição do Mundo Colonial Português de 1940, reconhecido como o ex-líbris da empresa (Santos, 2002).

Infelizmente, da estrutura fabril do Côvo poucos vestígios chegaram aos nossos dias. Mesmo a última fábrica que laborou entre 1902 e 1924 estava inteiramente destruída cerca de 30 anos mais tarde. Nessa época seriam apenas visíveis alguns dos edifícios de habitação dos operários (Tavares, 2009a).

Atualmente, a plataforma onde se centraliza o núcleo habitacional da Quinta do Côvo apresenta um conjunto de transformações que terão contribuído para fazer desaparecer eventuais vestígios das estruturas fabris que pudessem existir à superfície (Figura 1.4).





**Figura 1.4** – Atual Quinta do Côvo (fotos Lia Coelho, 2010)

## 1.2. Objetivos

Este trabalho centra-se numa abordagem multidisciplinar:

- (a) na caracterização geofísica, usando o método de resistividade elétrica, fazendo uma análise descritiva deste método, e explicando o equipamento feito para aquisição de dados de Resistividade Elétrica. Os conjuntos de dados foram analisados a partir de uma análise multivariada.
- (b) na caracterização geoquímica tendo como suporte os resultados das análises químicas e mineralógicas das amostras de solo. Os conjuntos de dados foram analisados a partir de uma análise estatística uni, bi e multivariada.
- (c) na caracterização de vidros por análises químicas e SEM (microscópio eletrónico de varrimento).

O objetivo principal deste trabalho são estabelecer as relações entre as variáveis geoquímicas e geofísicas no contexto da arqueologia industrial de modo a propor um modelo ocupacional que permita definir um zonamento arqueológico integrado.

## 1.3. Organização e conteúdo da tese

A organização por capítulos e respetivos conteúdos é a seguinte:

Neste primeiro capítulo denominado de introdução geral, é descrita o caso de estudo, que engloba a sua história e os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo é descrito o enquadramento da zona, que aborda o enquadramento geográfico, geomorfológico e geológico; o clima (temperatura, precipitação e velocidade do vento média) e a rede hidrográfica; faz-se a caracterização do solo da zona, indústria e analisa-se também a componente arqueológica.

No terceiro capítulo são descritos os métodos e as técnicas analíticas. Relativamente à geofísica é abordado o método usado, neste caso a Resistividade Elétrica, e é explicado os métodos e as técnicas de aquisição de dados. Dentro dos métodos e das técnicas usadas, damos ênfase à conceção de um novo protótipo de equipamento, ao planeamento da prospeção, à definição da sequência de medições, obtenção e registo das amplitudes obtidas, bem como descritas umas variáveis usadas para futura interpretação. Relativamente aos métodos geoquímicos é descrito o planeamento e distribuição dos locais de amostragem, a colheita e preparação das amostras, análise química das amostras de solo e vidros, análise mineralógica das amostras de solo e análise da superfície das amostras de vidros, usando SEM-EDS. Também são descritos os métodos estatísticos usados para os tratamentos dos dados.

No quarto capítulo é feita a análise e interpretação dos dados geofísicos, usados através do dispositivo de Wenner, Schlumberger e Pólo-Pólo, onde este último diz respeito ao protótipo de equipamento usado. Também é descrito o cálculo das variáveis e por fim foi feita a análise em componentes principais das resistividades e das variáveis calculadas.

No quinto capítulo é consumada a análise de dados mineralógicos e geoquímicos, englobando as amostras de vidros e vidraças, bem como das amostras de solo. Relativamente às amostras de vidros e vidraças são demonstrados os resultados dos métodos usados. Quanto às amostras de solo é descrita a caracterização mineralógica e geoquímica das amostras de solo,



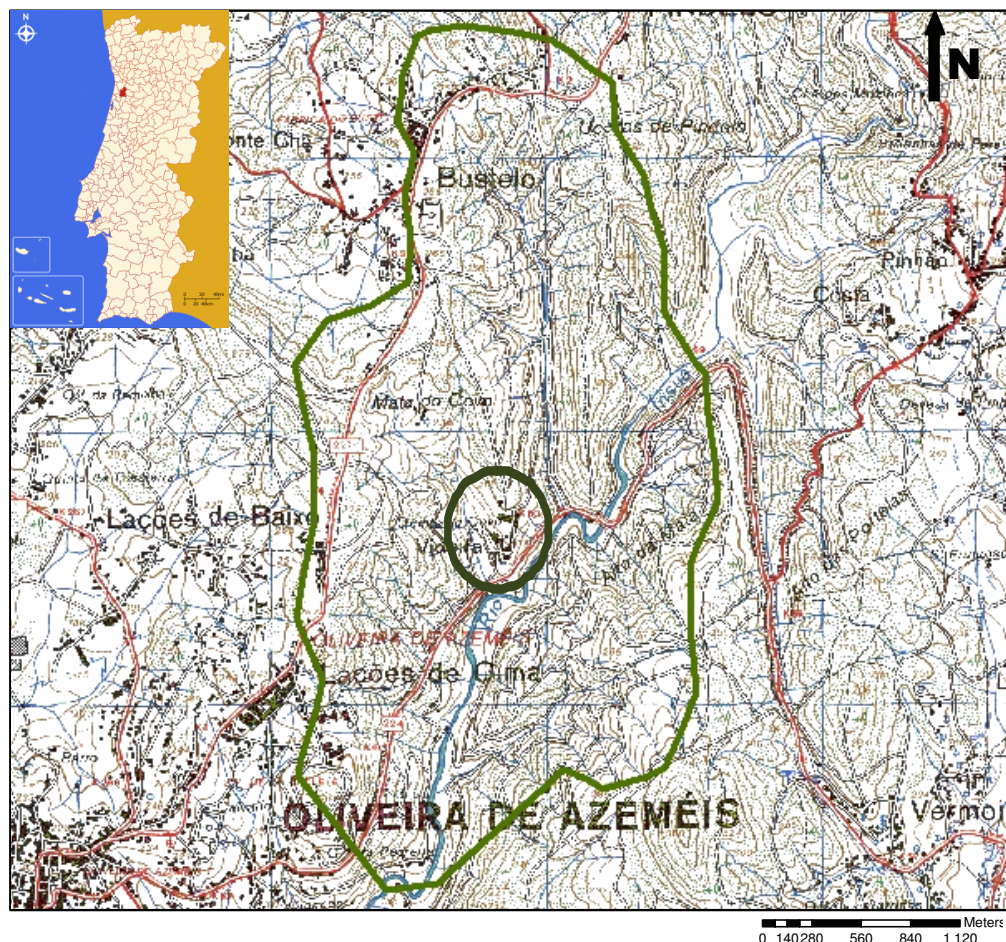
bem como da estatística descritiva univariada, bivariada e análise em componentes principais. Para finalizar é demonstrado a distribuição espacial dos elementos químicos.

No sexto capítulo intitulado de integração de dados e conclusões, pretende-se sintetizar a informação obtida através da análise em componentes principais (tratamento em simultâneo da informação geoquímica e geofísica) e a partir dos resultados definir qual a zona que estará ligada ao processo de fabrico de vidro do Côvo e que poderá ser objeto de estudos mais detalhados.

## 2. Enquadramento da zona em estudo

### 2.1. Enquadramento geográfico

A área do presente estudo, que integra a Quinta do Côvo, insere-se na Grande Área Metropolitana do Porto, região Norte (NUTII) e sub-região (NUTIII) Entre Douro e Vouga [w<sub>1</sub>], em Oliveira de Azeméis, e dista aproximadamente 35 km da sede de distrito, a cidade de Aveiro, e 40 km da cidade do Porto (Figura 2.1).



**Figura 2.1-** Excerto da folha 154 - São João da Madeira, da carta militar de Portugal à escala 1:25000 - Instituto Geográfico do Exército, sobreposto com a área global da Quinta do Côvo (Garcia, 2009) e a zona do edificado.

O Município de Oliveira de Azeméis é constituído por dezanove freguesias, uma cidade, oito vilas e dez aldeias, ocupando uma área de cerca de 163.0 km<sup>2</sup> e mais de 70000 habitantes. As dezanove freguesias são: Carregosa, Cesar, Fajões, Loureiro, Macieira de Sarnes, Macinhata da Seixa, Madaíl, Nogueira do Cravo, Oliveira de Azeméis, Ossela, Palmaz, Pindelo, Pinheiro da Bemposta, S. Martinho da Gândara, Santiago de Riba-UI, Travanca, UI, Vila Chã de São Roque e Vila de Cucujães (Santos, 2002).

A Quinta do Côvo localiza-se em Vila Chã de São Roque ou São Roque, e esta foi a primeira terra a fabricar vidro no Norte de Portugal.

Vila Chã de São Roque é a terceira freguesia mais populosa do Concelho com cerca de 7000 habitantes, tem uma área aproximada de 8.62 Km<sup>2</sup> e uma densidade de 766.4 habitantes/km<sup>2</sup>. Confinha a Norte com S. João da Madeira e Macieira de Sarnes, a Poente com Santiago de



Riba-Ul e Couto-Cucujães, a Nascente com Pindelo e Nogueira do Cravo e a Sul, com Oliveira de Azeméis [w<sub>2</sub>].

O município é atravessado pela EN1, que foi substituída na década de 90 pelo IC2, situado a nascente desta. A ponte, tocando ligeiramente o território concelhio na freguesia de Loureiro, passa a A1 (Autoestrada do Norte). Paralela a esta estrada encontra-se uma outra autoestrada sendo designadamente a A29. É também atravessado do Litoral para o Interior pela EN224 que liga as cidades de Oliveira de Azeméis e Vale de Cambra, sendo esta a estrada que faz a ligação à área de estudo (Figura 2.2a).



**Figura 2.2** –(a) Ortofotomapa da zona em estudo; (b) Pormenor da zona da Quinta do Côvo (retirado de Google Earth em 21/03/2011).



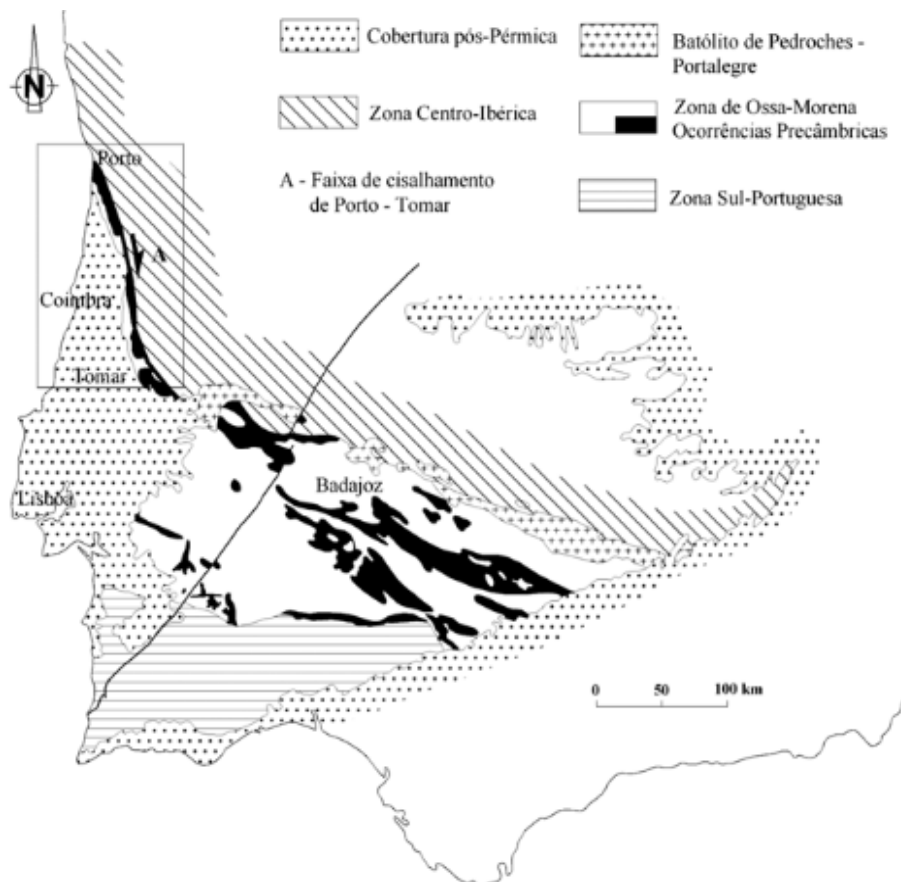
A Quinta do Côvo tem a forma de um polígono quase regular dispondo de cerca de 500 hectares de área, sendo atravessada pelo rio Antuã (Figura 2.2b).

Encontra-se cartografada na folha - 154 (São João da Madeira) da Carta militar de Portugal à escala 1:25000 - Instituto Geográfico do Exército e naturalmente a área correspondente à folha publicada na escala 1:50000 - Serviços Geológicos de Portugal é a 13-D Oliveira de Azeméis.

## 2.2. Enquadramento Geomorfológico e Geológico

### 2.2.1. Síntese geral

Em Portugal o grande grupo das formações geológicas é o Maciço Hespérico. Este maciço subdivide-se em quatro unidades geotectónicas: Zona Galaico-Transmontana (ZGT), Zona Centro-Ibérica (ZCI), Zona de Ossa-Morena (ZOM) e Zona Sul Portuguesa (ZSP). O bordo ocidental é apresentado na figura 2.3.



**Figura 2.3** - Enquadramento geotectónico regional da faixa de cisalhamento de Porto-Tomar (Zona de Ossa-Morena / Zona Centro Ibérica) no Maciço Ibérico (Chaminé et al., 2003).

A separação da ZCI da ZOM faz-se através da importante Faixa de Cisalhamento Porto-Coimbra-Tomar, com orientação geral NNW-SSE, que como o próprio nome indica, se estende desde os arredores do Porto até Tomar passando pela Foz do Douro, Espinho e Albergaria-a-Velha, voltando a aflorar entre Sernada do Vouga, Águeda, Mealhada, Coimbra, Espinhal, Alvaiázere e Tomar (Ribeiro *et al.*, 1980; Gama Pereira, 1987; Noronha & Leterrier, 2000 *in* Chaminé *et al.*, 2003).

Nesta faixa de cisalhamento distinguem-se diferentes unidades geológicas que se destacam principalmente pela sua litologia, estrutura e metamorfismo. Assim considerou-se

cartograficamente para a região a existência de duas manchas litológicas (C. Ribeiro & Delgado, 1876; Delgado & Choffat, 1901; Delgado & Choffat, 1899 *in* Chaminé *et al.*, 2003).

A faixa engloba unidades tectonoestratigráficas, de idade Proterozoica média-superior a paleozoica média-superior. Faz parte do Terreno Autóctone Ibérico, e inclui-se na sua maioria na Zona de Ossa-Morena; contactando localmente a oriente, por intermédio da faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis, com a Zona Centro-Ibérica da Cadeia Varisca Ibérica (Figura 2.4) (Ribeiro *et al.*, 1980; Ribeiro *et al.*, 1990; Gama Pereira, 1987; Beetsma 1995; Noronha & Leterrier, 2000 *in* Araújo *et al.*, 2003).

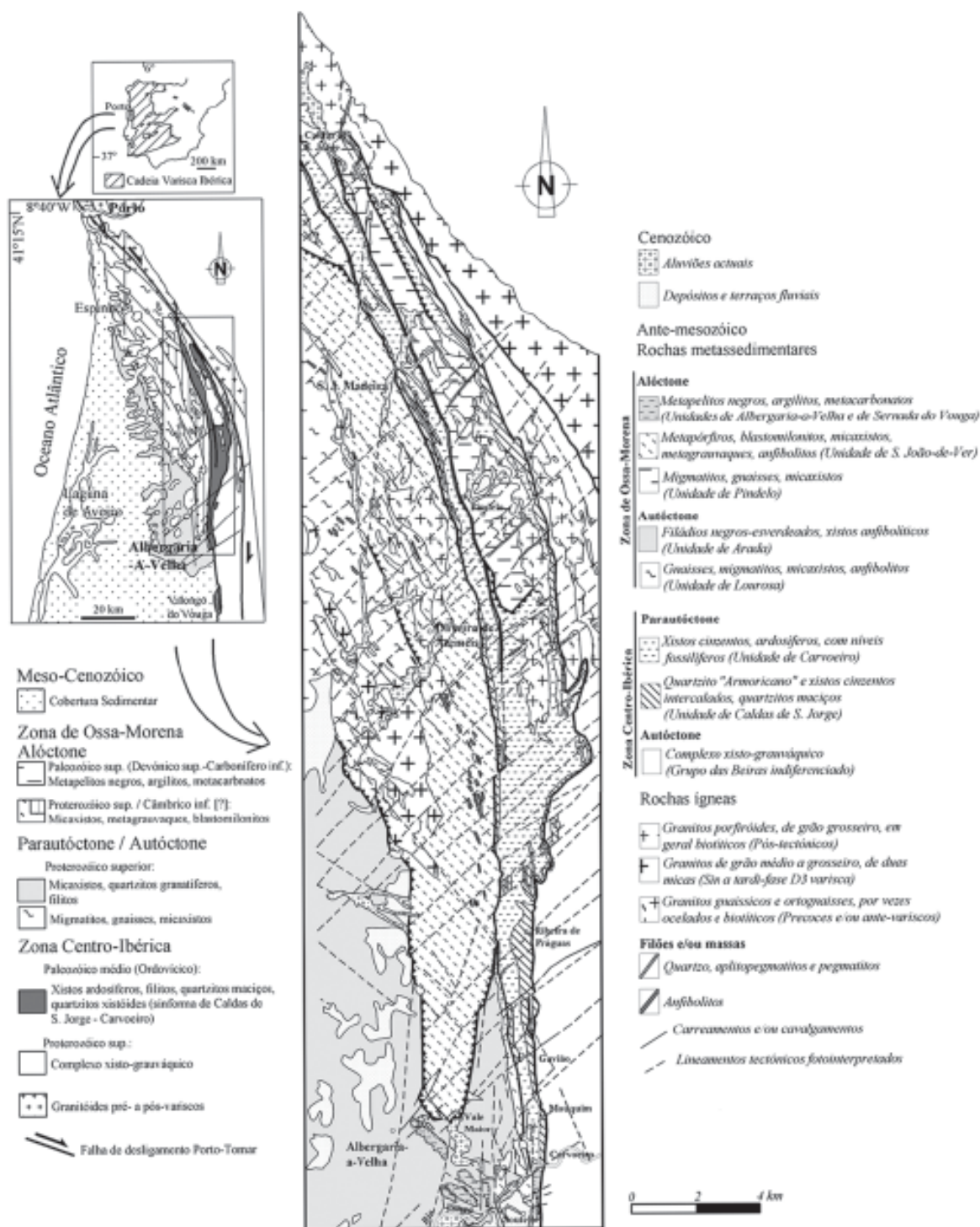


Figura 2.4 - Enquadramento geológico regional da área de estudo (Chaminé *et al.*, 2004).

Segundo Araújo *et al.*, (2003), a faixa de cisalhamento de Porto – Albergaria-a-Velha corresponde a uma faixa com uma série de acidentes tectónicos de 1ª e de 2ª ordem de extensão local com um comprimento de 90 km por 3km de largura. As falhas são caracterizadas por corresponderem a cisalhamentos, de direção N-S a NNW-SSE, com movimentação direita por vezes muito forte consoante o comportamento reológico do material face à deformação. Distinguem-se acidentes maiores, ou até ramos desta faixa de cisalhamento entre a região de Porto e Albergaria-a-Velha, onde destacamos a falha designada de “Filão Metalífero das Beiras”.

### 2.2.2. Geomorfologia e Geologia

Relativamente à geomorfologia na região de Porto-Albergaria-a-Velha-Águeda, o relevo é aplanado correspondente a uma plataforma litoral que termina num relevo acentuado constituindo o seu rebordo interior. O topo da plataforma é no geral bem marcado e sinuoso, e apresenta declives fracos e suaves pelo menos ao Sul de Oliveira de Azeméis (Chaminé, 2000).

Segundo Chaminé (2000), entre Madaíl e Pinheiro de Bemposta, ao longo do rio Antuã e do seu afluente Ínsua, deixa de observar-se o rebordo interior da plataforma, mas a Sul dessa última localidade este volta a individualizar-se num traçado retilíneo, com orientação N-S.

A referida arquitetura estrutural foi truncada e dissecada por vários ciclos de erosão. Brum Ferreira (1978) *in* Pereira *et al.*, (1980) concluiu que existem três importantes ciclos erosivos a que correspondem outros tantos níveis de aplanação em degraus.

A Leste do rebordo interior da plataforma litoral, segundo um corredor meridiano entre São João da Madeira e Vale de Cambra, o relevo é dominado por colinas formadas por rochas metassedimentares e quartzíticas rigidamente alinhadas, com orientação NNW-SSE. Entre elas e lateralmente, definem-se áreas deprimidas com a mesma orientação, de características tipológicas denominadas por alvéolos, cuja origem estará ligada à presença de rochas cristalinas e ao papel da alteração diferencial (Brum Ferreira, 1978 *in* Chaminé *et al.*, 2004).

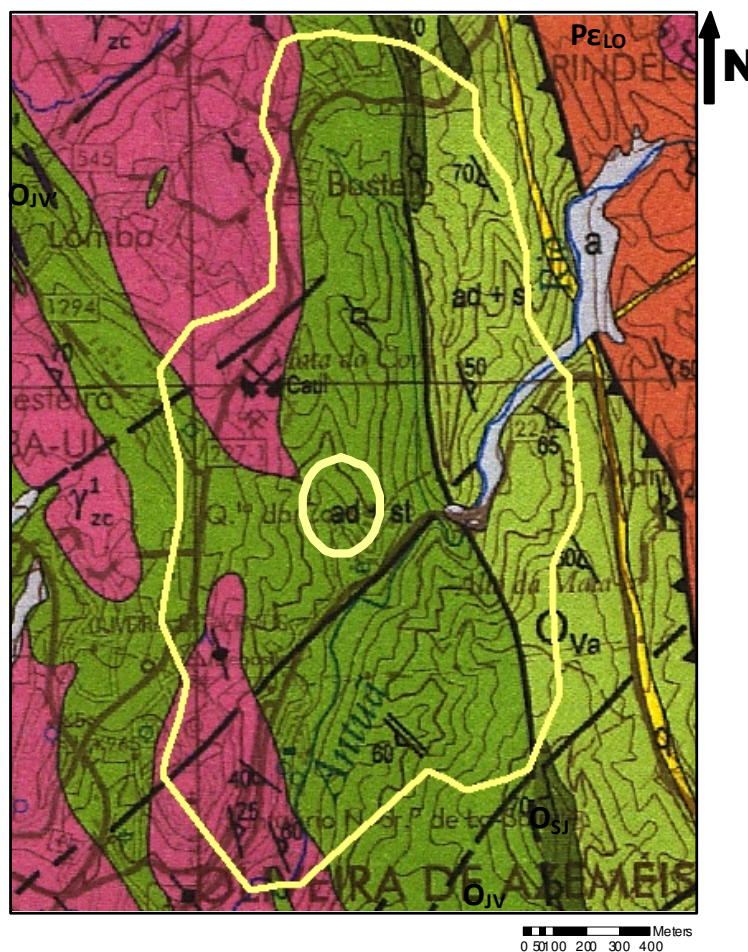
Na região da Quinta do Côvo estão representadas as seguintes unidades geológicas (Figura 2.5).

#### a) Depósitos eluvio-aluvionares

Estes depósitos são pouco extensos e ao longo da carta apenas se mostram cartografados na faixa ocidental. Ocupam fundos mais ou menos planos, onde os vales de alguns rios se alargam. Constituídos por terras argilosas, arenosas e, mais raramente, por cascalhos (Pereira *et al.*, 1980).

Na área da Quinta do Côvo aflora uma mancha de gnaiss que se encontra alterada em “salão” (na região de Oliveira de Azeméis, dá-se o nome de “salão” a uma massa esbranquiçada, essencialmente constituída por caulino, resultante da alteração de granitoides gnáissicos com duas micas (essencialmente moscovíticos e com blastese de feldspatos) (Coelho *et al.*, 2009).





**Figura 2.5** - Excerto da folha 13-D (Oliveira de Azeméis) da Carta Geológica de Portugal de 2005 à escala 1:50000 – Instituto Geográfico de Exército, sobreposto com a área da Quinta do Côvo (linha a amarelo).

Depósitos sedimentares Cenozóicos (Quaternário - Holocénico) - **a**: depósitos eluvio-aluvionares; Metassedimentos do Proterozoico e Paleozoico - **O<sub>va</sub>**: Formação de Valongo (xistos ardosíferos com intercalações de metassiltitos); **O<sub>sj</sub>**: Formação de Santa Justa (quartzitos com intercalações de xistos negros e filitos; quartzitos com intercalações conglomeráticas); Formação de São João de Ver (**O<sub>JV</sub>** – micaxistos às vezes granatíferos e grauvaques, **O<sub>JV'</sub>** – intercalações de rochas básicas anfibolitizadas); **P<sub>Lo</sub>**: Unidade de Lourosa (micaxistos granatíferos, paragneisses e migmatitos); Granitoides da faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis - Granitoides variscos precoces e/ou anteváriscos - **Y<sup>1</sup><sub>zc</sub>**: granito e granodiorito gnáissico, de duas micas, de grão médio; **q**: filões de quartzo; \_\_\_: falhas; **Caul**: Exploração mineira abandonada de caulino.

### b) Metassedimentos do Ordovícico

As unidades metassedimentares do Ordovícico que constituem a zona são: xistos ardosíferos com intercalações de metassiltitos - Unidade de Valongo; quartzitos com intercalações de xistos negros e filitos, quartzitos com intercalações conglomeráticas – Unidade de Santa Justa; micaxistos às vezes granatíferos e grauvaques e intercalações de rochas básicas anfibolitizadas – Unidade de São João de Ver. Mesmo na zona de estudo existe uma zona de metamorfismo de extensão regional; Zona de andaluzite e estauroilite. Esta zona de metamorfismo segundo Pereira *et al.*, (1980) parece estar associada a minerais como o quartzo, mica branca, biotite, almandina, estauroilite e andaluzite.

É a Unidade de São João de Ver que atravessa a zona de estudo. Esta corresponde a uma faixa de cerca de 40km de extensão e 4km de possança média, com orientação geral N-S a NNW-SSE. A unidade desenvolve-se desde a localidade de São João de Ver até próximo de Vale Maior (Albergaria-a-Velha), sendo constituída por rochas de metamorfismo de grau médio,

com contactos tectónicos bem visíveis, sublinhados, em regra, por uma faixa de corpos granitoides deformados e/ou bandas de alteração intensa. Possui duas litologias bem diferenciadas: na base observam-se metapórfiros e gnaisses blastomiloníticos localmente recortados por pseudotaquilitos; no topo, em aparente concordância estratigráfica, reconhecem-se micaxistos, às vezes granatíferos, e metagrauvaques. Ocorrem também inúmeros corpos anfibolíticos, com orientação média NNW-SSE (Chaminé, 2000).

### c) Granitoides

As rochas granitoides e filonianas ocupam uma área considerável desta região, denunciando sobretudo eventos tectono-magmáticos concomitantes com os diversos períodos de instalação relativamente à orogenia varisca ou anterior, isto é, genericamente afloram na região granitoides precoces e/ou antevariscos e tardi-a-pós-variscos (Noronha & Leterrier, 2000; *in* Chaminé *et al.*, 2003).

Segundo Pereira *et al.*, (1980), na zona de estudo, apenas afloram os granitoides variscos precoces e/ou ante variscos, que são representativos da “Faixa Blastomilonítica de Oliveira de Azeméis”, tendo sido posteriormente atribuída a designação de “Complexo Granítico da faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis”. São constituídos por retalhos de granitos e granodioritos gnáissicos com duas micas, essencialmente moscovíticos, com orientação variável de N-S a NW-SE.

De modo sistemático, observa-se também, a existência de uma concordância entre as estruturas dos granitoides (estruturas de fluxo, eixos de dobras, etc.) e das rochas metassedimentares encaixantes com a xistosidade regional (Chaminé, 2000).

Segundo Pereira *et al.*, (1980), como fácies-limite do maciço de Oliveira de Azeméis, afloram na sua dependência a este e a oeste, rochas de tonalidade esbranquiçada, de grão muito fino, intensamente deformadas. Provavelmente pertencem a uma última fase de intrusão magmática, na zona a Norte da quinta do Covo, onde tais rochas são constituídas por quartzo e feldspato, como também existem outras ocorrências nomeadamente pórfiros graníticos deformados.

## 2.3. Clima e rede hidrográfica

A estação meteorológica mais próxima do local da área de estudo é a Barragem de Castelo Burgães que fica situada no concelho de Vale de Cambra, freguesia de Macieira de Cambra (Figura 2.6).

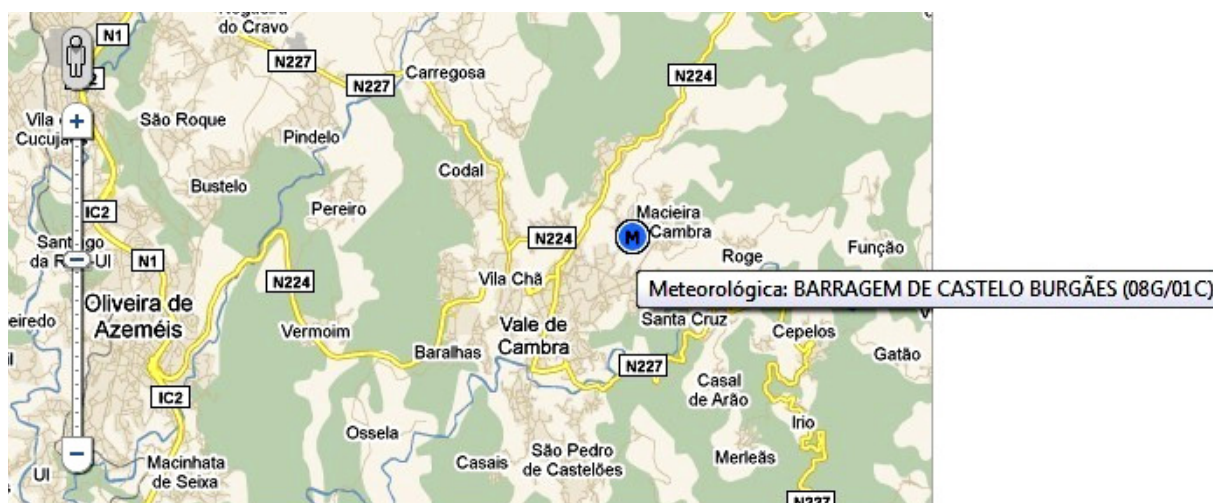


Figura 2.6- Localização da estação Meteorológica - Barragem de Castelo Burgães (<http://snirh.pt/>).

Os dados disponibilizados a seguir (Quadro 2.1), correspondem a alguns parâmetros recolhidos atualmente pela rede meteorológica do INAG, para o ano Hidrológico - outubro de 2009 a setembro de 2010 - e aos quais tive acesso através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). As coordenadas geográficas da estação meteorológica são: Latitude 40°85'N; Longitude -08°38'W; Altitude de 306m.

### 2.3.1. Temperatura

A estatística calculada para os dados da temperatura média mensal, foi efetuada com base na informação registada num período de 15 anos.

Da análise da Quadro 2.1, verifica-se que o mês de fevereiro apresenta uma temperatura mensal mínima de 4.8° C e que o mês de julho apresenta uma temperatura média máxima de 24.8°C, sendo a mais baixa e mais alta, respetivamente, ao longo dos meses no período observado.

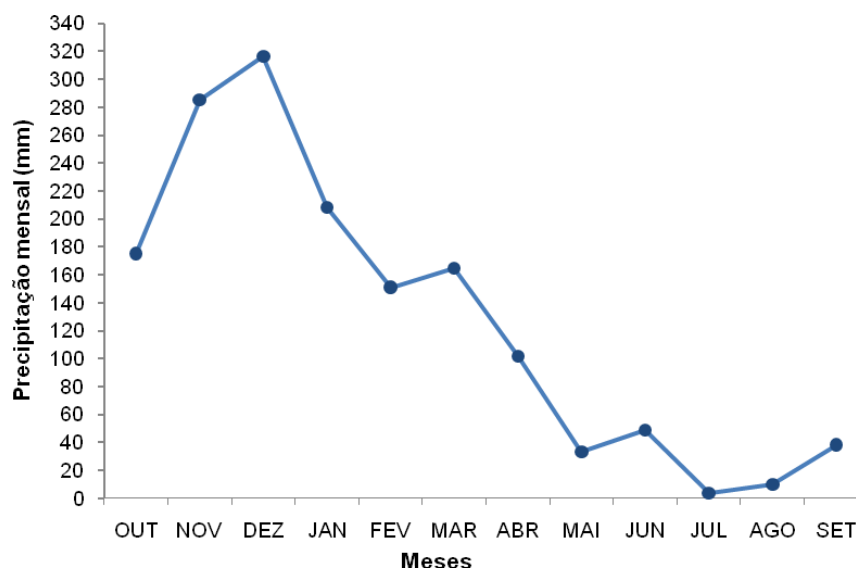
**Quadro 2.1-** Valores da temperatura média mensal, média mensal histórica, média mensal mínima e máxima registadas na estação meteorológica da Barragem de Castelo de Burgães [w<sub>3</sub>].

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
<b>TMM</b>	17.3	12.2	9.7	8.3	8.6	10.5	14.5	15.1	18.6	22.3	22.7	18.8	14.9
<b>TMMH</b>	16.0	12.0	9.0	9.0	9.0	11.0	12.0	15.0	18.0	21.0	20.0	19.0	14.3
<b>TMMIn</b>	12.2	7.3	6.0	6.2	4.8	8.4	9.0	11.2	15.2	16.1	17.0	15.0	4.8
<b>TMMMax</b>	20.9	16.6	13.1	10.4	13.6	17.2	17.0	18.1	21.4	24.8	23.8	23.1	24.8

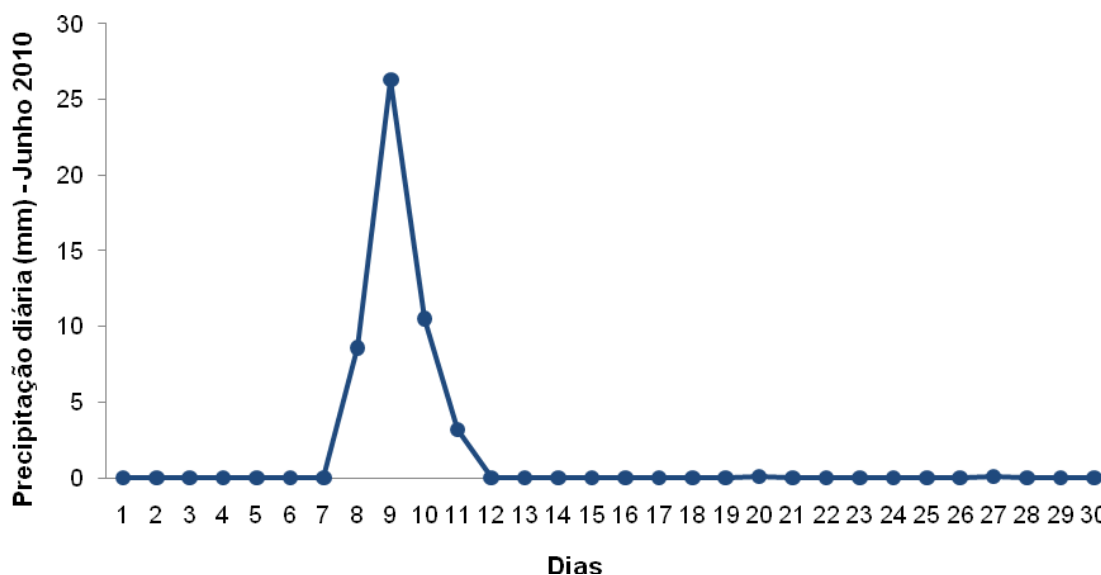
TMM - Temperatura Média Mensal; TMMH - Temperatura Média Mensal Histórica; TMMIn - Temperatura Mensal Mínima; TMMMax - Temperatura Mensal Máxima (todos os valores são apresentados em °C)

### 2.3.2. Precipitação

Da análise do gráfico (Figura 2.7) verifica-se que os meses que apresentam os valores de precipitação mais elevados, sendo portanto mais chuvosos, são os meses de novembro e dezembro, registando respetivamente, valores médios mensais de 286 e 316 mm. Em contrapartida, julho e agosto, são os meses mais secos, com 3.8 e 10 mm, respetivamente. A precipitação média ao longo dos meses é de 128 mm.



**Figura 2.7** - Representação gráfica da precipitação mensal (mm) (w<sub>4</sub>).

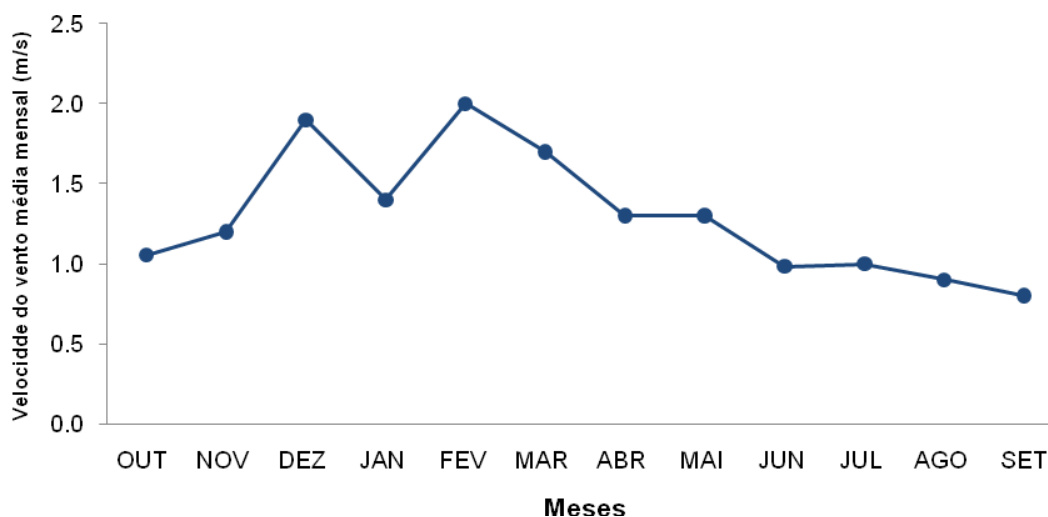


**Figura 2.8** - Representação gráfica da precipitação diária para o mês de junho (mm) ( $w_4$ ).

Dado que o mês em que se realizou a principal saída de campo foi em junho, constata-se através do gráfico (Figura 2.8) que entre os dias 8 e 11 existe alguma precipitação entre valores de 3.2 e 26.3 mm. No resto dos dias a precipitação é nula.

### 2.3.3. Velocidade do vento média

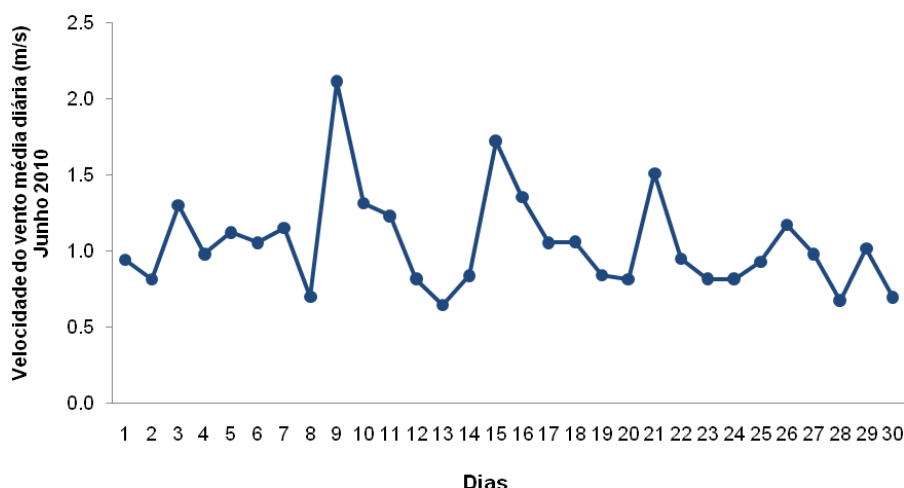
O vento é um elemento importante para a caracterização climática. Através da observação do gráfico da Figura 2.9, concluiu-se que a velocidade do vento média para o período em análise, outubro 2009 a setembro de 2010, é em geral fraca, sendo os meses de dezembro e fevereiro os meses mais ventosos, com uma velocidade de vento média de 2.0 m/s.



**Figura 2.9** - Representação gráfica da velocidade média mensal do vento (m/s) ( $w_5$ ).

Relativamente ao mês de junho de 2010 (Figura 2.10) verifica-se que os dias 9, 15 e 21 são os que apresentaram maior intensidade acabando, no entanto, por não ultrapassar os 2.0 m/s. O dia em que se registou uma menor intensidade de vento, na ordem dos 0.5 m/s, foi o dia 13 de junho.





**Figura 2.10** - Representação gráfica da velocidade média diária do vento para o mês de junho (m/s) ( $w_5$ ).

### 2.3.4. Rede Hidrográfica

Como já referido anteriormente, a organização da rede de drenagem na zona em estudo reflete a tectónica da área, em especial dos sistemas de fracturação regional. A existência desta compartimentação tectónica condiciona a distribuição das linhas de água e, consoante a litologia e a estrutura, observam-se no local redes hidrográficas, em geral, do tipo retangular e/ou dendrítico (Chaminé *et al.*, 2004). Por exemplo, os rios Caima, Antuã e segmentos do rio Vouga sugerem uma instalação em importantes acidentes tectónicos com orientação N-S e NE-SW.

Segundo Pereira *et al.*, (1980), as cristas quartzíticas formam afloramentos muito extensos, mas demasiado estreitos. Uma rede de faturação bem desenvolvida aliada às superfícies de estratificação, já de si bem marcadas e abertas, sustenta boas condições de armazenamento e circulação da água. Deste modo, não é de estranhar que nos contactos do quartzito com os micaxistos e gnaisses envolventes, sejam frequentes as nascentes, geralmente de fraco caudal.

## 2.4. Caracterização do Solo

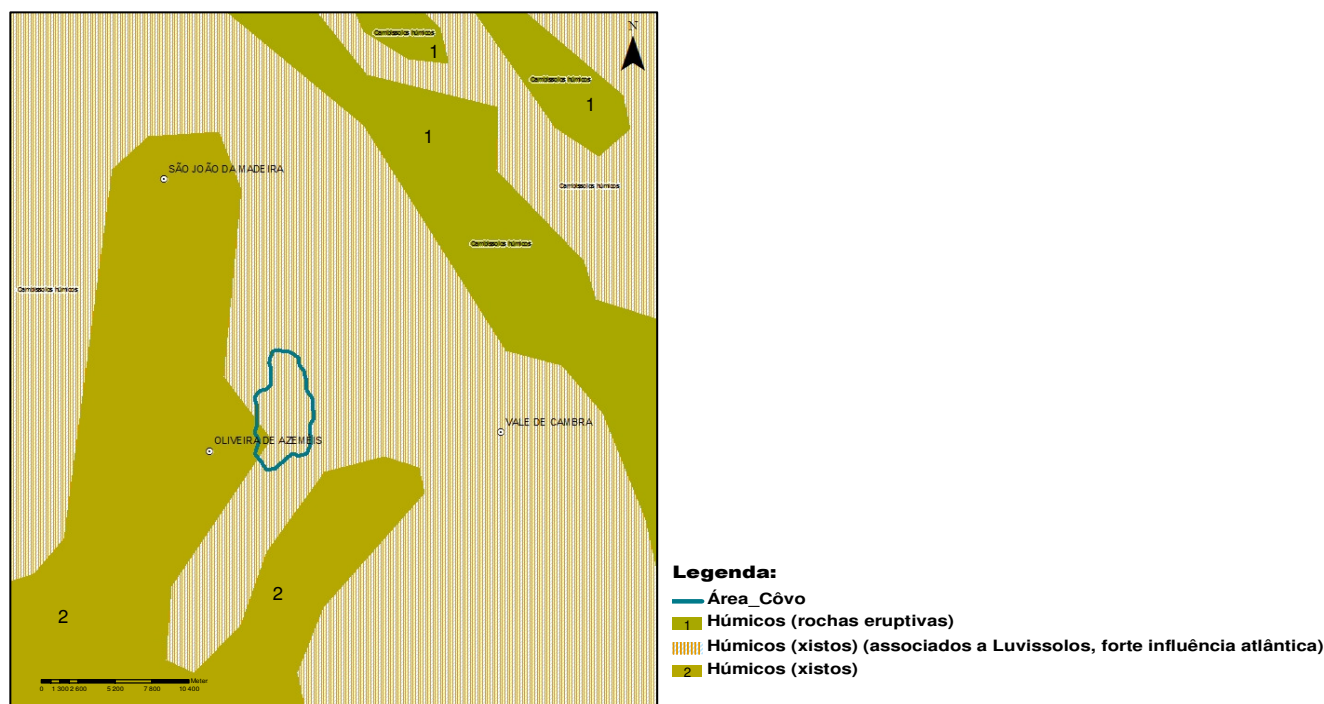
O solo do concelho de Oliveira de Azeméis é do tipo Cambissolo (Figura 2.11) correspondendo aos solos mais representativos de Portugal (cerca de 31.4%). Apesar de poderem ser derivados de rochas-mãe diversas, ou sob condições climáticas variadas, no nosso país surgem associados maioritariamente a formações graníticas e em zonas mais húmidas e de relevo mais acentuado. A sua fertilidade, tal como as suas características e propriedades, são muito variáveis. São utilizados para culturas arvenses de sequeiro, vinha, olival, amendoal, carvalhos, sobreiros (Ferreira, 2004).



**Figura 2.11** – Perfil de solo (foto Lia Coelho, 2010).



Estes solos possuem um horizonte câmbico e sem horizontes de diagnóstico que não sejam um horizonte A ócrico ou úmbrico ou um horizonte mólico que assenta sobre um horizonte B câmbico com uma saturação em bases menor que 50%. Não apresentam propriedades sálicas. O horizonte B pode não existir se possuírem um horizonte A úmbrico com mais de 25 centímetros de espessura. São solos relativamente pouco evoluídos de perfil AC ou ABC, formados a partir de rochas não calcárias. O horizonte B câmbico é um horizonte de alteração moderada que se traduz por formação de argila, aparecimento de coloração avermelhada devido à acumulação de ferro libertado, desaparecimento da estrutura da rocha originária, não devendo ter textura mais ligeira do que a arenosa-franca (Ferreira, 2004).



**Figura 2.12** - Representação dos solos (adaptado de Atlas do Ambiente digital) inserido no ArcGis (Lisboa\_Hayford\_Gauss\_IGeoE).

Os Cambissolos (Figura 2.12) existentes na zona da área em estudo são: Cambissolos Húmicos – Possuem um horizonte A úmbrico ou um horizonte A mólico assente sobre um horizonte B câmbico com uma saturação em bases inferior a 50%; não têm propriedades vérticas nem propriedades ferrálicas no horizonte B câmbico (Ferreira, 2004).

## 2.5. Indústria

O que marca a região é a pecuária e a criação de gado na qual o leite ocupa o lugar de destaque, tendo mesmo dado origem, noutros tempos, à criação de uma cooperativa agrícola, considerada atualmente uma das maiores empresas no município (Santos, 2002).

A par desta, a indústria vidreira teve o seu berço na Fábrica do Côvo, na freguesia de São Roque. O centro Vidreiro, outrora um império fabril da maior importância é, nos nossos dias, uma unidade em reestruturação com elevados investimentos produtivos. É a única fábrica de cristalaria do norte do País e a única com uma tradição secular tão enraizada (Santos, 2002).

A industrialização do município passa também pelas fecundas indústrias do calçado, metalurgia e metalomecânica (com especial destaque para os moldes para a indústria de plástico), plástico (em especial componentes para a indústria automóvel), produtos

agroalimentares (lacticínios), vidro, descasque de arroz, colchões, confeções, mobiliário, cobres e loiças metálicas (Santos, 2002).

Na Quinta do Côvo, atualmente denominada de Sociedade Agrícola da Quinta do Côvo, Lda., existe um hotel para cães e é também um lugar onde se criam cães da raça Labradores Retrievers.

## 2.6. Componente arqueológica

Segundo Tavares (2009b), não se conheciam estruturas arqueológicas à superfície que indicassem a existência de espaços relacionáveis à produção vidreira na Quinta do Côvo. Contudo, após operações de limpeza na zona em estudo foi possível identificar alguns indícios. Garcia (2009) apresentou na sua Dissertação de Mestrado, os resultados arqueológicos obtidos na campanha de prospeção geofísica, nomeadamente, onde foram utilizados o método magnético e o método de georadar.

De uma forma muito sucinta Garcia (2009) descreveu a quinta do Côvo em diversas áreas de estudo (Figura 2.13).



**Figura 2.13** - Ortofotomapa mostrando as subdivisões da área de estudo, na Quinta do Côvo (adaptado por Garcia, 2009).

Para a leitura se tornar mais fácil atribuíram-se nomes às principais áreas descritas. Áreas 1 e 2 - acessibilidades; área 3 - escombreira; área 4 - hotel dos cães e patamares inferiores, área 5 - zona de estacionamento, baloiço e entrada principal; área 6 - zona moagem; área 7 - patamares inferiores ao tanque abastecido de água, área 8 - estrada; área 9 - picadeiro interior; área 10 - picadeiro exterior; área 11 - casa senhorial; área 12 - calçada, barracões, rosas e tanque; área 13 - barracões.

Do ponto de vista arqueológico, o espaço que revelou estruturas à superfície foi a Área 6, que será analisada mais em pormenor. Tavares (2009b) refere também a Área 3, onde segundo o autor e através da prospeção visual de superfície, é identificável uma escombreira em que se observaram a presença de desperdícios associados à produção vidreira assim como de material de construção, com características associáveis à sua integração numa estrutura de aquecimento. Daqui se induz que este espaço terá sido utilizado preferencialmente como depósito dos restos de produção e das estruturas industriais aquando do encerramento da fábrica e demolição dos seus edifícios.

Informações prestadas pelo proprietário do local, referem a existência de um buraco no solo onde uma funcionária da quinta teria caído no final da década de 90, e que dava acesso a uma espécie de galeria subterrânea. Essa galeria era desconhecida do proprietário e dos funcionários que à data ali trabalhavam, o que aponta para a sua antiguidade e abandono há tempo suficiente para dela não restar memória (Tavares, 2009b).

Segundo Tavares (2009b), inicialmente pensou-se que poderia ser uma estrutura relacionada com um forno, tendo em conta a descrição e o paralelismo que se poderia estabelecer com os vestígios associados aos fornos da Real Fábrica de Vidros de Coia, intervencionada por Custódio (2002). O local encontrava-se inacessível, cheio de destroços do telheiro dos galinheiros que importava remover, para se poder circular naquele espaço com segurança e também, para se poder verificar que tipo de estrutura seria aquela que tinha sido descrita (Figura 2.14). O uso mais recente do local teria sido o de garagem e galinheiro, acabando por ser abandonado quando o telheiro começou a ceder, acabando mesmo por ruir (Tavares, 2009b).



**Figura 2.14** - Vista geral (N-S) da Área 6, antes da realização dos trabalhos de limpeza, sendo visível à direita, a estrutura do telheiro em ruínas (adaptado por Garcia, 2009).

Segundo Tavares (2009b), após remoção dos escombros, ficou visível uma base de um engenho de moagem, que relacionada com a localização do buraco no solo, permitiu colocar a hipótese da galeria estar relacionada com a base do engenho de moagem e excluir a ideia inicial de que se poderia estar perante uma galeria associável a um forno. Para perceber a articulação das estruturas existentes naquele espaço, procedeu-se a uma nova limpeza, para garantir que apenas se removiam materiais soltos e restos de vegetação. Esta iniciativa permitiu vislumbrar a existência de um piso empedrado (Figura 2.15 a e b e 2.16).





**Figura 2.15** - Vista geral da área 6. a) e b) com direção N-S (fotos Lia Coelho, 2010).



**Figura 2.16** - Vista geral segundo a direção S-N, podendo verificar-se a separação entre a base do engenho de moagem, a galeria e a zona empedrada (adaptado por Garcia, 2009).

Foram várias as conclusões tiradas após a limpeza da área envolvente. Observou-se a existência de um piso em empedrado irregular e delimitado por blocos de pedra de forma retangular que ocupavam o espaço correspondente a 2/3 do antigo telheiro. Este piso correspondia, segundo informações orais, ao espaço que serviu de garagem antes da ruína do telheiro, embora não estivesse à vista, já nessa altura. Este piso não parece apresentar qualquer relação com o engenho de moagem, uma vez que não se aproxima dele; o seu limite Sul é o topo da entrada para galeria existente por baixo do engenho de moagem (Tavares,

2009b). As pedras que delimitam este piso não se apresentam estruturadas, apenas estão encostadas umas às outras; não apresentam indícios de possuírem qualquer estrutura que lhes sirva de alicerce, e o facto de na entrada para a zona da galeria ser possível distinguir, por baixo desse piso, um conjunto de blocos de granito perfeitamente regulares, que encimam uma estrutura de pedra que formam as paredes laterais do acesso à galeria, dão consistência a esta interpretação da relação entre as estruturas (Tavares, 2009b).

Segundo Tavares (2009b), o único fator que poderia colocar em causa esta interpretação é a existência, precisamente no espaço que servira de acesso à galeria, de uma zona que não está pavimentada com o empedrado, mas antes com uma camada argilosa amarelada. Tendo em conta a observação da disposição dos blocos que compõem o pavimento, esse facto deve-se a que num momento posterior ao abandono da utilização do engenho de moagem, o acesso à sua galeria foi preenchido com terras e restos de materiais de construção, tendo existido uma cedência do piso, dado que a entrada na galeria não foi selada com uma parede, e em resultado disso o espaço que tinha abatido foi preenchido com mais terras e coberto com uma camada de argila.

O espaço envolvente ao engenho de moagem está preenchido com uma camada de argila cinzenta. Esta camada argilosa parece estar diretamente relacionada com o assentamento da base do engenho de moagem, uma vez que o circula quase na totalidade (Tavares, 2009b). O canto SE apresenta características ligeiramente distintas. Apesar de ser também um piso argiloso, a sua coloração é mais férrea e corresponde ao espaço ocupado por um galinheiro.

No espaço que corresponderia ao exterior do telheiro o piso é em terra cinzenta, relativamente solta, não se vislumbrando, mesmo nas zonas mais próximas do engenho de moagem, nenhum piso que possa ser associado ao seu funcionamento (Tavares, 2009/b).

Dado que se procedeu à limpeza da camada superficial, optou-se por fazer uma recolha dos materiais arqueológicos que tinham ficado visíveis à superfície. O conjunto de materiais recolhidos é na sua maioria fragmentos de vidro, fragmentos de fusão, que não permitem fazer uma datação e/ou enquadramentos dos mesmos, sendo eles visíveis em redor da base do engenho de moagem, no espaço que não se encontra empedrado. Também se encontraram alguns fragmentos cerâmicos, sendo estes visíveis na zona correspondente ao empedrado (Tavares, 2009b).

Pode-se então colocar a questão *"Qual seria a função do engenho de moagem existente naquele espaço?"*. Custódio (2002) e Costa (1954) referem a existência de um engenho hidráulico de moagem da matéria-prima utilizada para o fabrico do vidro.

Segundo Tavares (2009b), as amostras recolhidas por Garcia (2009) permitiram identificar uma grande concentração de quartzo neste espaço, com uma granulometria que implica a sua redução por um processo de esmagamento, consistente com a utilização de um engenho de galgas.

Por outro lado, o interior da galeria existente sobre o engenho não é totalmente esclarecedora quanto à sua função e utilização. Pode corresponder a um espaço destinado à circulação de água que faria funcionar o engenho de moagem, no entanto, o facto de a mesma se encontrar preenchida com uma enorme quantidade de terras e entulhos impediu a identificação de possíveis zonas de passagem de água para acionar o engenho. Na parede Sul, existe uma passagem para a área 7, mas que se encontra também ela bloqueada, com terras, pedras e materiais de construção (Tavares, 2009b).

As condutas de água identificadas permitem assumir mais facilmente um abastecimento de um engenho hidráulico nesta área do que no lado nascente da plataforma. Segundo bibliografia consultada (Informações para a estatística industrial, 1987) a localização de um engenho hidráulico é colocado a Nascente da casa, enquanto este se encontra a Sudoeste da mesma (Tavares, 2009b).

Segundo Tavares (2009b) os métodos usados por Garcia (2009), para identificação de anomalias no solo, no caso a prospeção geomagnética e radar, permitiram concluir, em função da análise documental, que estas estão relacionadas com a fábrica de vidros do Côvo, ou com estruturas antigas entretanto abandonadas. Em função das anomalias identificadas pelos dois métodos geofísicos, as áreas 9 e 10 (Figura 2.13) foram identificadas como sendo as que reuniam maior potencial arqueológico.

No caso da área 10 a conjugação dos dois métodos de prospeção identificou duas zonas anómalas, uma das quais pode ser, pela forma e características, associável a um forno e a outra a uma estrutura de possível alicerce ou conduta de água (Tavares, 2009b).

Relativamente à zona 9 só foi possível utilizar o radar de solos, uma vez que esse espaço se encontrava coberto por uma estrutura metálica que inviabilizava a aquisição de dados com o magnetómetro, devido às interferências. Também aqui, apesar do nivelamento do piso, que implicou uma remoção de solos, foi possível detetar anomalias que, pelas suas localizações, assinaturas, forma, e tendo em conta o registo fotográfico da fábrica em finais do século XIX onde é visível uma chaminé, são suscetíveis de serem associadas a uma estrutura de combustão e de um possível alicerce (Tavares, 2009b).

A estas duas áreas com anomalias detetadas, promissoras em termos de identificação de locais com potencial arqueológico, juntam-se as áreas 5 e 12, onde a conjugação dos dois métodos permitiu identificar anomalias, embora com maior incerteza associada nomeadamente a possíveis interferências nos equipamentos, ou à impossibilidade de efetuar uma aquisição de dados sistemática (Tavares, 2009b). Ainda que em todas elas se tenham utilizado os dois métodos de forma a complementar, os resultados não foram inequívocos, e aqui surge a necessidade de testar um novo método designado de Resistividade Elétrica.

## 3. Métodos e técnicas analíticas

### 3.1. Métodos Geofísicos

Entre os principais métodos geofísicos de prospeção, os métodos geoelectrónicos constituem um grande grupo no qual se inserem os métodos eléctricos e eletromagnéticos (Ward, 1990; Zhdanov & Keller, 1994 *in* Gandolfo, 2007). A principal propriedade física que caracteriza estes métodos é a resistividade eléctrica ou o seu inverso, a condutividade eléctrica. Segundo Gandolfo (2007), o método da resistividade eléctrica, o da polarização induzida (IP) e do potencial espontâneo (SP) compreendem o grupo dos métodos eléctricos.

Se a estrutura interna e as propriedades físicas da Terra fossem conhecidas com precisão em cada local, a intensidade de uma medição efetuada à superfície, poderia ser prevista com precisão e sem ambiguidades. Todavia, na prospeção geofísica o problema é o inverso deste, ou seja, pretende-se deduzir alguns aspetos da estrutura interna a partir de medições feitas à superfície (Oliveira, 2009). Deste modo o método de resistividade eléctrica revelou-se importante de executar na medida em que este não é destrutivo, pelo que não interfere com os vestígios arqueológicos existentes no subsolo. Outra vantagem é proporcionar uma eficiente localização de estruturas e uma boa perspetiva do local antes das escavações e, por conseguinte, aumentar a eficiência dos trabalhos arqueológicos (Garcia, 2009).

A prospeção por resistividade tem em atenção a propriedade física dos materiais caracterizada pela sua capacidade de se deixarem atravessar em maior ou menor grau por uma corrente eléctrica. Uma vez que no terreno os eletrólitos intergranulares são basicamente os transportadores de carga que garantem a passagem das cargas eléctricas (aniões e catiões), o parâmetro resistividade vai depender da quantidade de água existente no meio a prospectar. Nesse sentido, um muro ou a superfície rochosa no seio de um solo podem mostrar o mesmo comportamento geoelectrónico resistivo (Almeida, 1993)

#### 3.1.1. Resistividade Eléctrica

Os primeiros trabalhos de aplicação do método de resistividade eléctrica em prospeção mineral datam do início do século XX. De entre os diversos investigadores que contribuíram para o desenvolvimento do método destacam-se Conrad Schlumberger, da “Escola Francesa” e Frank Wenner, da “Escola Americana”. Eles foram os responsáveis pela introdução do método de quatro eléctrodos para medidas de resistividade à superfície (Borges, 2002).

O método de resistividade eléctrica baseia-se no facto de, em geral, terrenos diferentes apresentarem resistividades eléctricas também diferentes. O desenvolvimento deste método processa-se a partir do estudo do campo eléctrico de potenciais, criado artificialmente pela injeção no terreno duma corrente eléctrica e relacionando-se depois com as características geológicas do local. Esse estudo tem por finalidade a determinação da resistividade eléctrica dos terrenos interessados pela prospeção (num ponto ou em vários pontos da superfície do terreno) e o conhecimento da sua repartição segundo a profundidade (Pessoa, 2008).

Uma rocha é um material heterogéneo constituído geralmente por uma fase sólida (matriz) e uma fase líquida ou gasosa que preenche os poros. O comportamento eléctrico da rocha vai assim depender de fatores como a resistividade intrínseca da matriz, porosidade, textura, e distribuição dos poros, resistividade do líquido intersticial e processos que ocorrem nas superfícies de contacto entre a matriz e as fases fluidas.

Os líquidos que preenchem total ou parcialmente os poros das rochas são habitualmente soluções de sais minerais. O Quadro 3.1 mostra a variação dos valores de resistividade elétrica para algumas rochas e minerais.

**Quadro 3.1 - Resistividade de algumas rochas e minerais (Pessoa, 2008)**

<b>Tipo de material ou meio geológico</b>	<b>Resistividade elétrica (Ohm.m)</b>
Ar	$\infty$
Água do mar	0.2
Água superficial	10-30
Água subterrânea	50-100
Areia e cascalhos secos	1000 – 10000
Areias e cascalhos saturados com água doce	50-500
Areias e cascalhos saturados com água salgada	0.5 – 5
Conglomerados	10 – 100000
Argilas	2 – 20
Margas	20-100
Calcários	300 – 10000
Mármore	100 – 10000
Grés e quartzitos	300 – 10000
Grés argiloso	50 – 300
Lavas	300 – 10000
Tufos vulcânicos	20 – 100
Basaltos	100 – 10000
Xistos grafitosos	0.5 – 5
Xistos argilosos ou alterados	100 – 300
Xistos sãos	300 – 3000
Gneisse e granito alterados	100 – 1000
Gneisse e granitos sãos	100 - 10000

De um modo geral o comportamento elétrico das rochas é variável conforme se trata de rochas sedimentares, ígneas e metamórficas. Segundo Gandolfo (2007), as rochas sedimentares caracterizam-se por resistividades baixas. Porém, algumas rochas sedimentares possuem resistividades muito altas - como as areias de duna quando secas - e as que possuem muito baixa porosidade como o gesso. As argilas (Quadro 3.1) desempenham um papel muito particular no comportamento elétrico deste tipo de rochas; na presença de água apresentam baixos valores de resistividade devido às características do sistema das suas partículas que mantém a água por adesão.

As rochas ígneas apresentam valores elevados de resistividade elétrica, em particular devido a um fator crucial que reside no facto de a porosidade ser muito baixa.

As rochas metamórficas apresentam valores intermédios de resistividade, comparando os valores das rochas sedimentares e das ígneas. Como a porosidade e o conteúdo em água dependem do grau de metamorfismo, é com este que a resistividade aumenta. Existem exceções associadas, por exemplo, a presença de grafite, que conduz ao aumento da condução elétrica e, como tal, à diminuição da resistividade. As rochas metamórficas apresentam frequentemente valores elevados de anisotropia de resistividade (Reynolds, 1997).

No solo original, dado que se encontram normalmente heterogeneidades e anisotropias, a distribuição das linhas de corrente, ou melhor, do campo elétrico, é a maior parte das vezes diferente do caso em que o terreno é homogéneo e isotrópico. Quando se faz a aplicação do método geoelectrico e a interpretação dos elementos recolhidos devem-se ter sempre presente quais as distorções do campo elétrico provocadas pela existência dessas heterogeneidades ou



anisotropias no terreno, tais como sejam a estratificação e suas inclinações, a xistosidade, ocorrência de falhas ou de outros acidentes geológicos, etc. (Pessoa, 2008).

A resistividade da matriz depende da sua textura e pode, em função dela, demonstrar anisotropia. Numa matriz isotrópica, onde a estrutura porosa é aleatória, a resistividade não depende da direção em que é medida. Numa matriz onde a forma dos grãos possui direções preferenciais, a resistividade é variável com a direção.

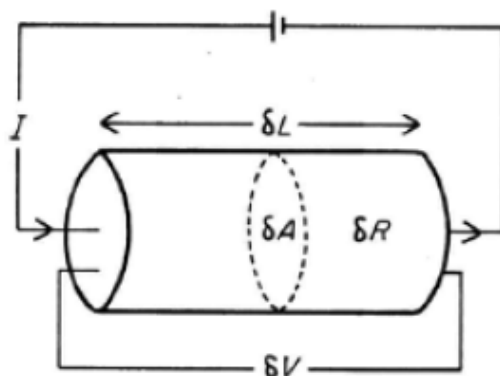
São vários os autores que discutem os princípios teóricos e práticos da resistividade elétrica. Entre eles destacam-se os trabalhos de Orellana (1982), Telford *et al.* (1990) e Reynolds (1997).

Deste modo, no método de resistividade elétrica é injetada corrente elétrica no terreno através de um par de elétrodos (A e B – elétrodos de corrente) e é medida a diferença de potencial resultante entre outro par de elétrodos (M e N – elétrodos de potencial). A resistividade do terreno é então calculada a partir das distâncias entre os elétrodos, corrente aplicada e diferença de potencial medida, com base na lei de Ohm.

A corrente elétrica consiste num fluxo de partículas portadoras de carga elétrica. A quantidade de carga que flui por unidade de tempo é a intensidade de corrente ( $I$ ). A unidade padrão no S.I. para medir a intensidade de corrente é o Ampere (A) em homenagem a André-Marie Ampère (1775-1836) (Oliveira, 2009).

O potencial elétrico é a capacidade de um corpo realizar trabalho, neste caso, atrair ou repelir cargas elétricas. A tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos [ $\Delta V$ ]. A unidade de medida é o volt (V) em homenagem ao físico Alessandro Volta (1745-1827) (Oliveira, 2009).

A resistividade de um material (no S.I. em Ohm.m) é definida como a resistência entre as faces opostas de um cubo de aresta unitária desse material (Figura 3.1).



**Figura 3.1** - Parâmetros usados na definição da resistividade de um material (Kearey *et al.*, 1984)

Num cilindro condutor de resistência ( $R$ ), comprimento ( $L$ ) e área ( $A$ ), a resistividade  $\rho$  é dada, pela expressão (Kearey *et al.*, 1984),

$$\rho = \frac{R A}{L} \quad [1]$$

em que  $R$  (Resistência elétrica) é calculada pela lei de Ohm de acordo com a seguinte expressão,

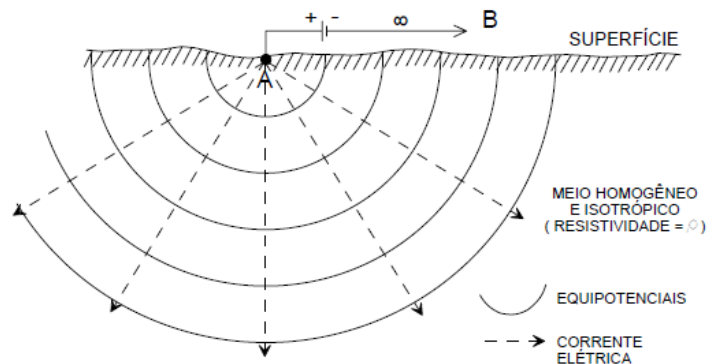
$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad [2]$$

Substituindo R na expressão [1] pela expressão [2] tem-se que

$$\Delta V = \frac{\rho L}{A} I \quad [3]$$

Na terra, ou em qualquer corpo tridimensional, a corrente elétrica não flui por um único caminho, como representa a figura 3.1.

Suponhamos então que se injeta uma corrente elétrica de intensidade I num ponto A da superfície de um terreno homogêneo e isotrópico de resistividade elétrica ( $\rho$ ). As superfícies equipotenciais são hemi-esferas centradas em A (Figura 3.2).



**Figura 3.2** – Fluxo de corrente a partir de um único eletrodo à superfície (adaptado de Telford et al. 1990)

A expressão resultante da (Figura 3.2) já não será a expressa em [3] mas sim a expressão [4], pois nesta exprime-se o valor do potencial num ponto qualquer M da superfície do terreno de resistividade elétrica ( $\rho$ ), situado à distância r do ponto A onde se injetou a corrente.

$$\frac{V_M}{I} = \frac{\rho}{2 \pi r} \quad [4]$$

(Orellana, 1982)

A partir da expressão [4], temos que a resistividade (Ohm.m) é dada por:

$$\rho = 2 \pi r \frac{V_M}{I} \quad [5]$$

Quando o solo é homogêneo, a resistividade calculada pela equação anterior deverá ser constante e independente da configuração dos eletrodos e da localização espacial. Contudo, quando existem heterogeneidades, a resistividade irá variar com a posição relativa dos eletrodos. O valor então calculado chama-se de resistividade aparente ( $\rho_a$ ), é expressa em Ohm.m, e é calculada através da expressão [6].

$$\rho_a = \frac{\Delta v}{I} k \quad [6]$$

Em que k (expresso em metros) depende apenas das configurações geométricas do dispositivo de medição e do meio onde ele se insere. O k é denominado por fator geométrico. Na parte dos dispositivos geoeletricos é descrito o procedimento para se calcular.

### 3.1.1.1. Anisotropia das rochas

Segundo Orellana (1982), a resistividade de muitos minerais e, como consequência, das rochas que estes constituem, variam de acordo com a direção considerada, ou seja, estes corpos são anisotrópicos. Então, a resistividade não pode ser expressa por um escalar, mas por um tensor simétrico  $\rho_{ij}$ , o que exige o conhecimento de seis componentes. Consideremos uma matriz  $\rho_{ij}$ ,  $i$  tem definido como coordenadas principais do tensor  $x, y, z$  linhas, e  $j$  tem definido  $x, y, z$  colunas, em que o resultado da resistividade é  $\rho_{xx}, \rho_{yy}, \rho_{zz}$ , que para se simplificar, em virtude de  $\rho_{xx}$  ser paralelo a  $\rho_{yy}$  e perpendicular a  $\rho_z$ , denota-se por  $\rho_x, \rho_y$  e  $\rho_z$ .

A anisotropia das rochas, no entanto, é muitas vezes fraca, sempre que os minerais constituintes não apresentarem orientação sistemática, porque a média resultante é mais ou menos isotrópica para compensar os efeitos das diferentes orientações dos cristais.

Quando predomina alguma direção na posição dos minerais, como pode ocorrer nas rochas metamórficas, o conjunto comporta-se como anisotrópico. A presença de direções preferenciais de fissuramento ou diaclasamento é outra causa para provocar anisotropia nas rochas (Orellana, 1982).

Em todos esses casos, se forem convenientemente escolhidos os eixos de coordenadas, acontece que  $\rho_x = \rho_y \neq \rho_z$ , logo o tensor resistividade pode ser expresso por apenas duas quantidades, como referido anteriormente. A este tipo de anisotropia chama-se *anisotropia transversal*, e eixo de anisotropia ao eixo  $z$  (Orellana, 1982).

A notação utilizada é  $\rho_{\parallel}$  (resistividade paralela) =  $\rho_x = \rho_y$  e  $\rho_{\perp}$  (resistividade perpendicular) =  $\rho_z$ , denominando-se de *resistividade longitudinal* e de *resistividade transversal*, respetivamente. Destes parâmetros deduzem-se outros tais como o *coeficiente de anisotropia* ( $A$ ) ou anisotropia, sendo calculável segundo a raiz quadrada da razão entre  $\rho_{\perp}$  e  $\rho_{\parallel}$ ; e resistividade média ( $\rho_m$ ) ou média geométrica da resistividade que se calcula segundo a raiz quadrada do produto entre  $\rho_{\perp}$  e  $\rho_{\parallel}$  (Orellana, 1982).

A anisotropia da maioria das rochas não costuma exceder de  $A=1.1$ , mas algumas delas, por causa da sua textura, alcançam valores mais elevados, como acontece no xisto em que o valor de  $A$  varia entre 1.40 e 2.30 (Orellana, 1982)

A anisotropia considerada tem a sua origem na textura da rocha, passando a designar-se de *microanisotropia*, a fim de distingui-la de outra propriedade, a *macroanisotropia*. Ela ocorre em determinadas formações sedimentares, que repetidamente alternam em camadas siliciosas de resistividades diferentes como ocorre no Complexo Xisto-Gráuváquico. Assim, enquanto cada camada individual é isotrópica, o conjunto comporta-se como anisotrópico (Orellana, 1982)

Ao serem efetuadas medições de resistividade elétrica na superfície de um terreno homogêneo com anisotropia transversal de eixo vertical, as linhas equipotenciais são circunferências, acontecendo o mesmo no caso do meio isotrópico. Contudo, o estudo dessas linhas na superfície do solo não pode revelar a anisotropia do meio (Orellana, 1982).

Quando o eixo de anisotropia não é vertical, a forma elíptica das linhas equipotenciais na superfície permite reconhecer a anisotropia do meio. Conhecendo-se o ângulo e a relação  $a/b$  (pode ser obtida no campo, determinando uma equipotencial), é possível calcular  $A$  (Orellana, 1982).

Não se obtendo no campo existem várias maneiras de conseguir calcular  $a, b$  e o ângulo. Para tal, foi usada a função `fminsearch` do matlab que se utiliza para fazer uma otimização. Consiste

na minimização da função objetivo (soma dos desvios quadráticos entre os dados de campo e os dados teóricos obtidos duma distribuição espacial elíptica, dependendo de  $a$ ,  $b$  e o ângulo do eixo da matriz).

### 3.1.1.2. Dispositivos geoelectrónicos

Designa-se por dispositivo geoelectrónico qualquer combinação dos eléctrodos de corrente e de potencial. O método da electrorresistividade permite a utilização de inúmeras possibilidades de dispositivos geoelectrónicos, porém apenas alguns é que são mais usuais, como por exemplo, os dispositivos de Wenner, Schlumberger, dipolo-dipolo, pólo-dipolo, pólo-pólo. Neste trabalho foram utilizados três dos dispositivos mais comuns, o dispositivo Wenner, o dispositivo Schlumberger e o dispositivo pólo-pólo, pelo que será nestes que o meu foco incidirá.

O dispositivo de Wenner é um dos mais simples e mais utilizados. Este dispositivo é simétrico e utiliza quatro eléctrodos alinhados e afastados entre si por uma distância ( $a$ ) constante. A ordem da disposição dos eléctrodos encontra-se representada na figura 3.3 em que MN são os eléctrodos de potencial e AB são os eléctrodos de corrente. Esta configuração foi utilizada na primeira medição de campo, sendo que as outras medições foram feitas com base no dispositivo Schlumberger. A resistividade aparente é então calculada através da expressão [7].

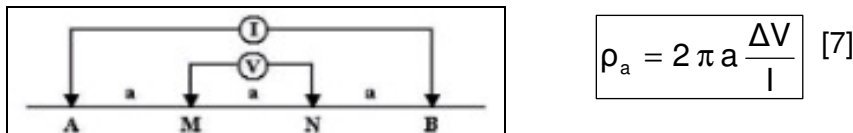


Figura 3.3 – Dispositivo de Wenner (Santos, 2006).

Relativamente ao dispositivo Schlumberger, os quatro eléctrodos são dispostos em linha, sendo que os eléctrodos de potencial (MN) são colocados entre os de corrente (AB) e distribuídos simetricamente em relação a um ponto central. A distância MN deve ser menor que a distância  $AB/2$  (Figura 3.4).

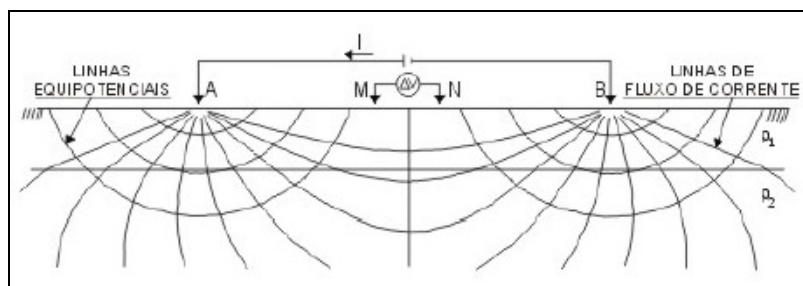


Figura 3.4 - Dispositivo Schlumberger (Telford *et al*, 1990)

A corrente eléctrica é injetada no solo através do contacto directo feito por eléctrodos metálicos (ferro). A resposta é medida na forma de diferença de potencial, observada também através do contacto feito directamente com o solo. Tendo-se os valores da corrente e do potencial registado, é possível calcular-se os valores da resistividade, onde para terrenos homogéneos e isotrópicos e considerando uma disposição de eléctrodos simétricos, a resistividade aparente do meio pode ser obtida através da expressão [8],

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} [8]$$

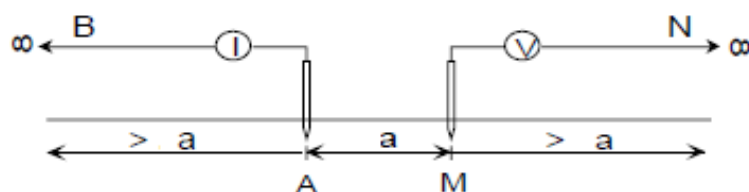
O fator geométrico ( $k$ ), para qualquer distribuição de quatro elétrodos pode ser obtido através da expressão [9],

$$k = \frac{2\pi}{\left[ \left( \frac{1}{AM} \right) - \left( \frac{1}{AN} \right) - \left( \frac{1}{BM} \right) + \left( \frac{1}{BN} \right) \right]} \quad [9]$$

em que: AM, NA, BM e BN, são as distâncias entre os elétrodos. (A e B) são elétrodos de corrente e (M e N) são elétrodos de potencial, todos expressos em metros.

É um dispositivo com grande potencialidade para resolução de camadas horizontais (apresenta boa resolução vertical) sendo, desta forma, utilizado para execução de sondagens elétricas verticais (SEVs). A SEV é uma técnica que tem por objetivo a determinação das variações da resistividade com a profundidade, num certo ponto de terreno.

Por último o dispositivo pólo-pólo. Na prática, este dispositivo, com um elétrodo de corrente e outro de potencial, não existe. Neste dispositivo um dos elétrodos de corrente (B) é mantido a uma distância “infinito” do outro elétrodo que permanece na linha, e, um dos elétrodos de potencial (N), também é posicionado no “infinito” (Figura 3.5).



**Figura 3.5** - Dispositivo Pólo-Pólo (adaptado de Gandolfo, 2007).

Segundo Loke (1999), os elétrodos do “infinito” têm um critério, devendo ser colocados a uma distância 20 vezes maior do que o espaçamento entre os elétrodos A e M. O efeito produzido pelos elétrodos B e N é proporcional ao espaçamento  $a$  que se encontram dos dois elétrodos centrais e por isso o seu efeito não é levado em conta.

Na linha do levantamento permanecem apenas dois elétrodos, um de corrente (A) e um de potencial (M), o que confere ao dispositivo vantagens logísticas e operacionais na aquisição dos dados em campo.

Segundo (Loke, 1999), o método pólo-pólo é o que oferece o maior de números de possíveis medidas independentes, se comparado com outros métodos, para uma malha de dimensão reduzida. Além disso, é o que fornece a melhor cobertura horizontal uma vez que a perda de informação nos lados é mínima (*in Gandolfo et al*, 2005).

O fator geométrico é expresso pela seguinte expressão:

$$k = 2\pi a \quad [10]$$

em que  $a$  é a distância entre os elétrodos.

A resistividade aparente é então calculada pela expressão [11]:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} k \quad [11]$$

Segundo Gandolfo (2005), a principal vantagem do dispositivo Pólo-Pólo está na possibilidade de serem alcançados muitos níveis de investigação devido à elevada razão sinal/ruído que apresenta, sob um ponto de vista puramente geométrico. Em contrapartida, esta mesma geometria é extremamente suscetível a ruídos de natureza telúrica o que diminui a qualidade das medições devido à grande distância existente entre os elétrodos de potencial, o que constitui uma seria desvantagem, aliada à necessidade de algum espaço físico para instalação dos dois elétrodos a serem posicionados no infinito. Por essa razão é mais utilizado em campanhas onde o espaço entre elétrodos é menor (inferior a 10 metros). É muito utilizado em arqueologia com o espaço entre elétrodos pouco elevados.

### 3.1.2. Métodos e Técnicas - Campanha Geofísica

Uma das abordagens deste trabalho foi criar um protótipo de equipamento de aquisição de parâmetros geofísicos usando a resistividade elétrica através de elétrodos não polarizáveis. O trabalho preparatório realizou-se no laboratório de Geofísica do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro. O protótipo foi desenvolvido pelo Professor Fernando Almeida e pelo Mestre Carlos Granjeia. O trabalho de suporte de Matlab foi desenvolvido pelo Professor Fernando Almeida.

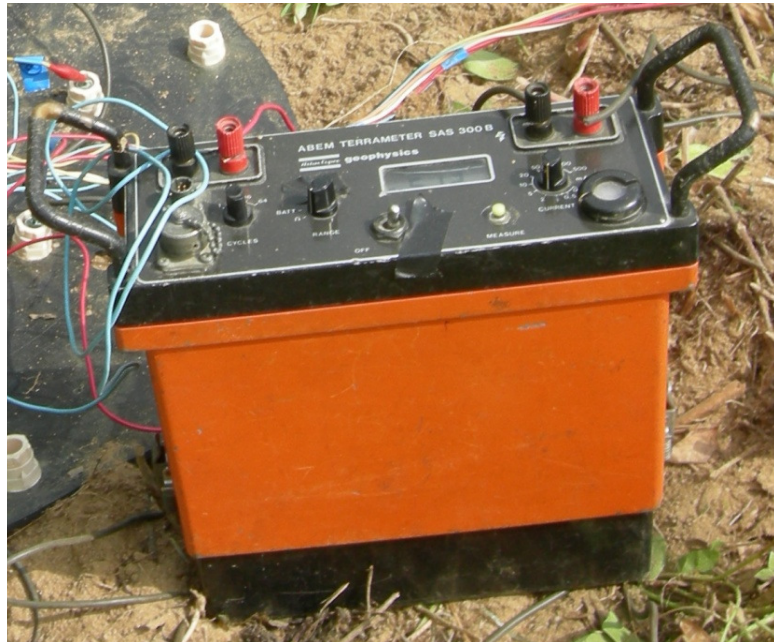
A obtenção de mapas com a distribuição da resistividade elétrica em profundidade envolve alguns passos, nomeadamente, conceção e escolha do protótipo de equipamento; planeamento da prospeção; definição da sequência de medições, obtenção, registo e processamento dos sinais e das amplitudes através do software LabView e Matlab

#### 3.1.2.1. Conceção e escolha do protótipo de equipamento

De uma forma sucinta a conceção e escolha do protótipo de equipamento teve por base um tapete de borracha isolante, elétrodos não polarizáveis e elétrodos em aço inox, cabos coluna extensos com pinças para medir o potencial através dos elétrodos, bobines de fios elétricos com garras, o Resistímetro ABEM Terrameter modelo SAS 300B, bateria 12V, martelo, fita métrica, uma placa de aquisição de dados DAQ NI, computador portátil para transferência e leitura da aquisição dos dados no campo, enxada, conversor para alimentação, caderno de campo, fita isoladora, esguicho de água, etc.

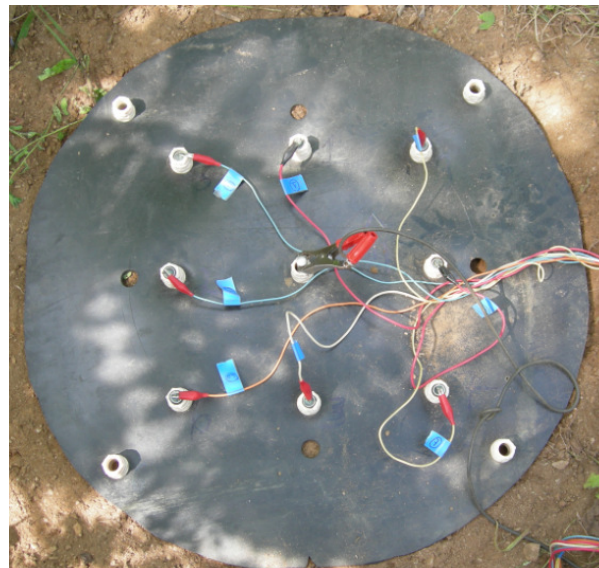
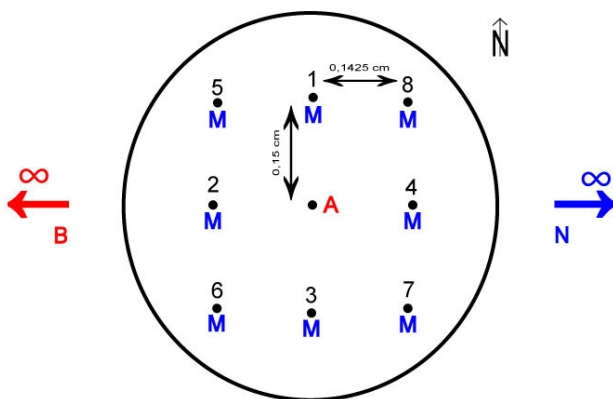
A ideia inicial era criar na íntegra o equipamento para aquisição de dados usando a resistividade elétrica. Contudo, após alguns testes, a ideia foi abandonada dado os problemas que foram aparecendo. De forma a viabilizar a obtenção dos resultados, e dado que o protótipo (tapete) já estava produzido, utilizamos o *Resistímetro Terrameter modelo SAS 300B*, fabricado pela empresa sueca ABEM. O resistímetro apenas permitiu a injeção de corrente elétrica no subsolo, através dos elétrodos de corrente A e B, e assim foi possível definir a intensidade de corrente utilizada nos diversos locais de amostragem (Figura 3.6).





**Figura 3.6** - ABEM Resistivímetro Terrameter modelo SAS 300B (foto Lia Coelho, 2010).

O tapete de borracha isolante construído de raiz, para posterior colocação de 8 eléttodos não polarizáveis, foi utilizado para medirmos as diferenças de potencial entre os eléttodos de potencial M e N, criadas pela injeção de corrente elétrica. Para a construção do tapete, foi usado um furador para perfurar a tela e uma régua para garantir o distanciamento dos furos (Figura 3.7). A fixação dos eléttodos foi viabilizada pelo recurso a um bucim.

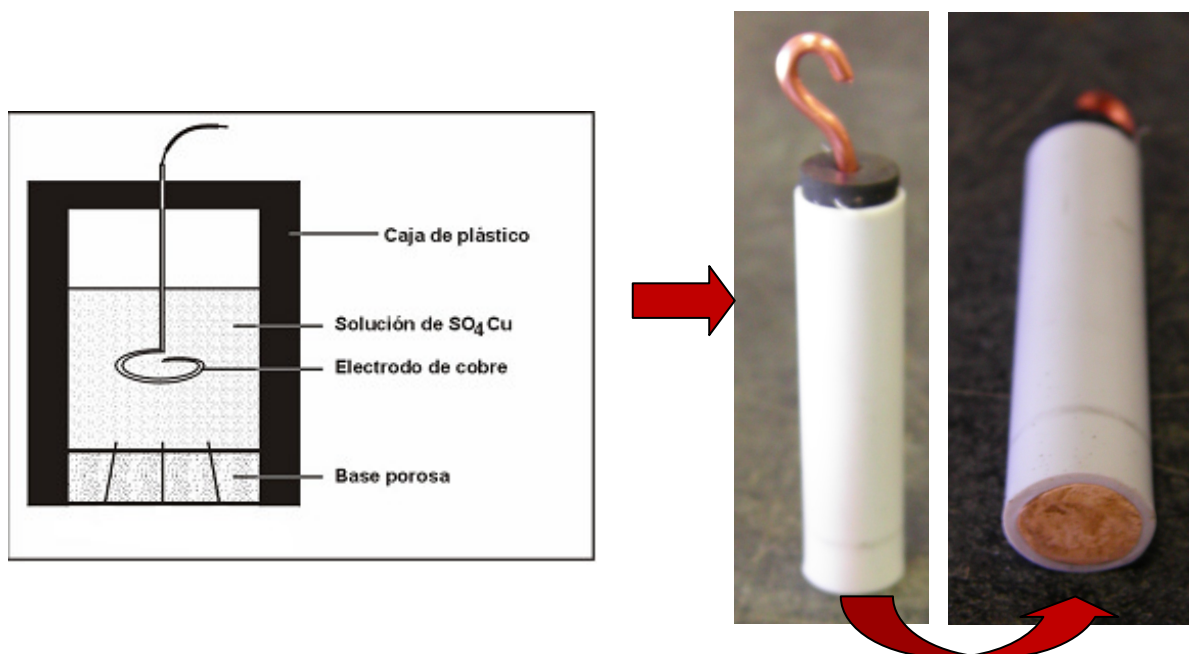


**Figura 3.7** - Tapete de borracha isolante, do lado esquerdo a teoria, do lado direito o prático (foto Lia Coelho, 2010).

Como referido anteriormente, na parte dos dispositivos geoeleétricos, o dispositivo utilizado neste caso foi o pólo-pólo, pelo que o eléttodo de corrente A está colocado no centro do tapete, e B foi colocado no “infinito”, no sentido oposto ao eléttodo A, permitindo assim determinar a distribuição do potencial envolvente. O mesmo se aplica para os eléttodos de potencial, em que oito (eléttodo M) estão no tapete e o eléttodo N foi colocado no “infinito” (Figura 3.7).

Os eléttodos de medida utilizados são de dois tipos. Para a introdução de corrente usaram-se eléttodos em aço inox, enquanto que para medir as diferenças de potencial optou-se pela

construção de elétrodos do tipo não polarizável. A natureza do elétrodo deve ser tal que não pode desenvolver qualquer atividade química com o terreno. O elétrodo consiste num metal mergulhado em solução saturada de um sal do próprio metal (o usado neste trabalho foi o cobre (Cu) em sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )), contidos num tubo em PVC com um fundo poroso (placa de cerâmica). A porosidade é necessária para os iões poderem circular entre o solo e o elétrodo, estabelecendo-se assim o contacto (Figura 3.8).



**Figura 3.8** – Esquema da elaboração de um elétrodo e concretização de elétrodos não polarizáveis, à esquerda e à direita, respetivamente (adaptado de Auge, 2008 - esquerda) e (foto Lia Coelho, 2010 - direita).

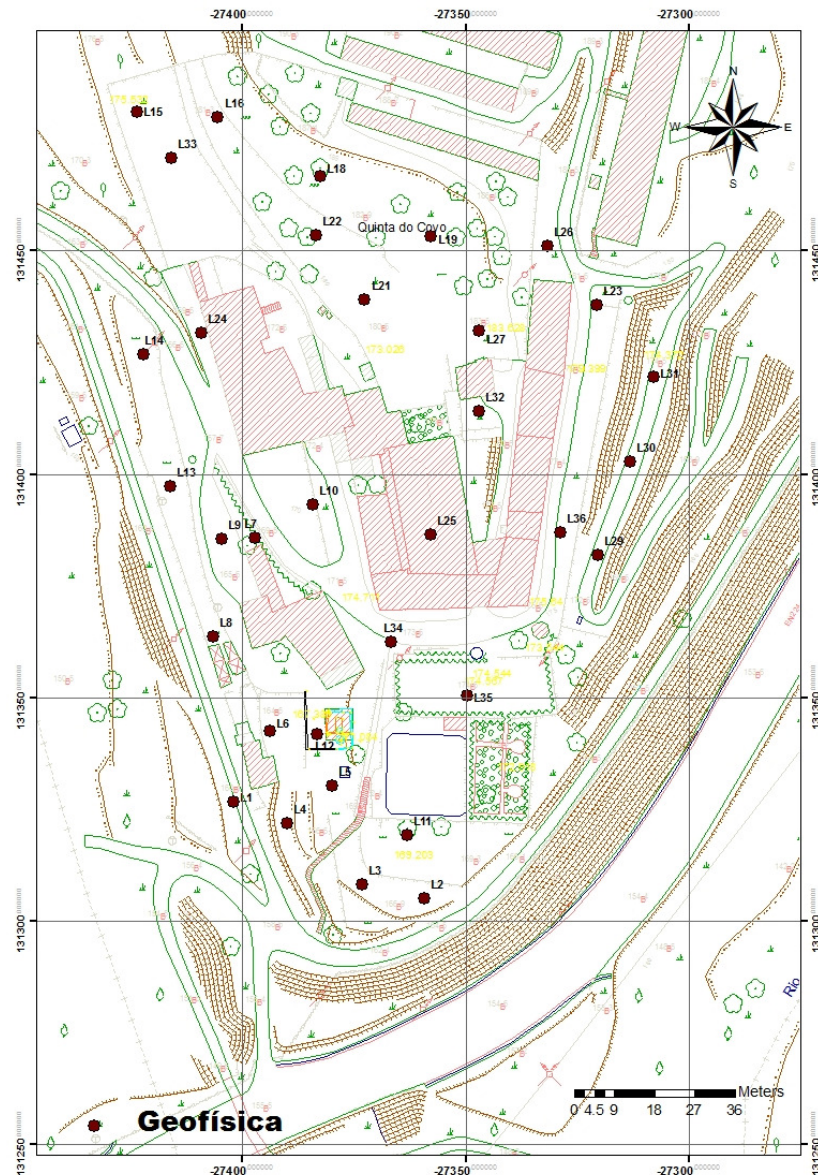
### 3.1.2.2. Planeamento da prospeção geofísica

O planeamento da prospeção geofísica fez-se em paralelo com a prospeção geoquímica, ou seja, no mesmo local, pretendeu-se recolher dados que possibilitassem o estudo do comportamento da resistividade elétrica e por fim realizar uma sondagem para posterior colheita de amostra de solo. O objetivo era a otimização de tempo e também ter um meio de comparação do exato local com dois tipos de prospeções diferentes para posterior integração de dados.

Esta amostragem corresponde à 2ª Campanha realizada, num total de 33 medidas de resistividade elétrica (Figura 3.9). A localização das amostras encontra-se distribuída com uma distância média de 15 metros

O ficheiro onde as amostras se encontram sobrepostas diz respeito à informação cartográfica atual do concelho de Oliveira de Azémeis, que foi cedida pelo Gabinete de SIG, da Câmara Municipal de Oliveira de Azémeis (Garcia, 2009).





**Figura 3.9** – Localização da amostragem da campanha de prospeção geofísica (coincidente com a 2ª campanha).

### 3.1.2.3. Definição da sequência de medições, obtenção, registo e processamento dos sinais e das amplitudes através do software LabView e Matlab

Para se realizar a prospeção geofísica no local L29, L30 e L31, foi necessário remover toda a vegetação abundante que naquela data existia e um dos funcionários da quinta do Côvo, através de uma roçadora, preocupou-se em fazê-lo.

Em todos os locais onde os levantamentos foram realizados, foi necessário através de uma enxada, remover algumas ervas ou mesmo alguma vegetação que os locais continham, de forma a criar uma espécie de “almofada” de solo para se poder colocar o tapete e consequentemente garantir a leitura dos valores do potencial (Figura 3.10).



**Figura 3.10** - Limpeza dos locais através de uma enxada para posterior aquisição de dados (foto Lia Coelho, 2010).

O resistímetro utilizado, por vezes, dependendo da corrente elétrica que se fazia atravessar, dava dois tipos de erros. O erro 1 significava que havia necessidade de baixar a corrente e o erro 6 indicava que era necessário aumentar a corrente utilizada. Sempre que isto acontece é necessário verificar a colocação dos elétrodos pois o contacto podia não estar a ocorrer (Figura 3.11). Possivelmente a existência de pedras, ou mesmo raízes pode também provocar este tipo de erros.



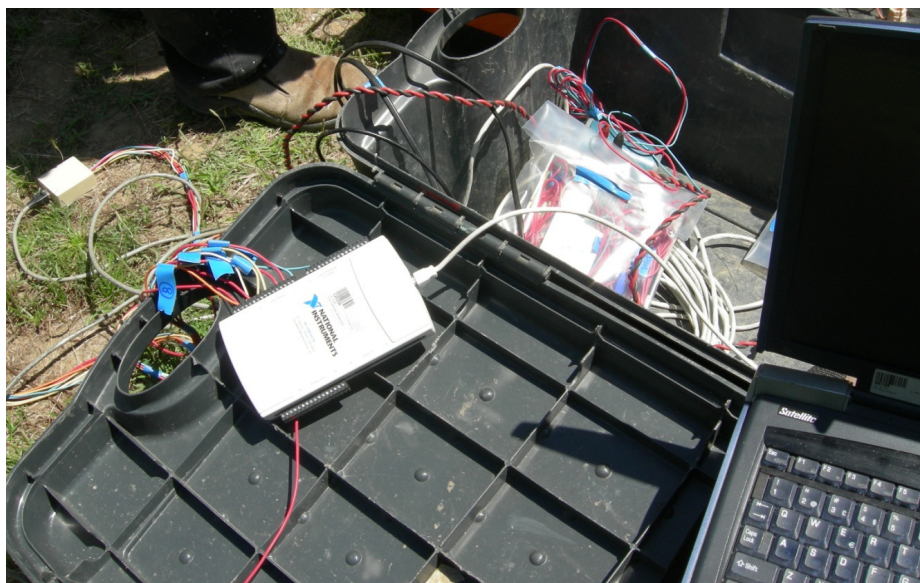
**Figura 3.11** – Retificação da colocação dos elétrodos (fotos Lia Coelho, 2010).

Um instrumento virtual consiste numa ferramenta de programação adequada, um equipamento de aquisição flexível, que conectado com o computador pessoal, executam juntos as funções de instrumentos tradicionais (Lopes, 2007).

A novidade do estudo para a aquisição de dados através do protótipo realizado foi a utilização do hardware placa DAQ (Data Acquisition) modelo USB-6218, da National Instruments, que possui 32 entradas analógicas de 16bits, que como o próprio modelo indica, possui uma porta USB, para se trabalhar com o computador. A principal função desta placa é realizar a conversão dos sinais analógicos obtidos pelos elétrodos, para sinais digitais, fazendo com que o computador possa interpretá-los (Lopes, 2007).

Para a aquisição dos dados foi utilizado um computador portátil com o software LabVIEW 8.0, onde se recorreu a uma licença de aluno, cedida com base na aquisição da DAQ (Figura 3.12).





**Figura 3.12** - Placa DAQ NI e o computador portátil (foto Lia Coelho, 2010).

Para a alimentação do portátil, a ficha do mesmo foi ligada a um conversor de alimentação que por sua vez foi ligada através de umas garras a uma bateria de 12V.

A DAQ foi configurada como representa o Anexo I e o Anexo II. O Anexo I exhibe os canais que se adicionaram para medir a diferença de potencial no tapete (na DAQ estão denominados de Voltage\_0 a Voltage\_7). O Anexo II demonstra o diagrama das respetivas ligações de cada cabo elétrico, num total de 8, como referido anteriormente. Foram todos numerados para depois não existirem enganos aquando da ligação através de pinças com os elétrodos não polarizáveis do tapete.

A linguagem de programação usada foi o LabVIEW. O LabVIEW foi desenvolvido pela National Instruments e é uma linguagem de programação gráfica, que usa ícones em vez de linhas de comandos para criar as suas aplicações. O LabVIEW usa o fluxo de dados dentro do programa, em que o fluxo de dados por meio dos nós no diagrama de blocos determina a ordem de execução dos instrumentos virtuais (VI) e das funções (Lopes, 2007). É uma linguagem muito apropriada para o desenvolvimento de interfaces e é desenvolvido por meio de duas telas separadas: o painel frontal e o diagrama de blocos.

O painel frontal foi desenvolvido por meio de controlos e indicadores, que são os terminais interativos da entrada e da saída do VI, respetivamente. Os controlos são botões, e outros mecanismos de entrada que simulam mecanismos de entrada no instrumento virtual, fornecendo dados ao diagrama de blocos. Os indicadores são gráficos e outros tipos de saída que simulam mecanismos da saída no instrumento virtual, apresentando os dados que o diagrama de blocos adquiriu (Lopes, 2007). O Anexo III mostra o painel frontal realizado para o este trabalho.

O diagrama de blocos foi desenvolvido através de representações gráficas de funções para controlar os objetos do painel frontal. As representações gráficas das funções podem ser operações matemáticas, lógicas ou estruturas de programação (while loop, for loop, case structure, etc.) e os objetos do painel frontal são os terminais presentes no diagrama de blocos dos respetivos controlos e indicadores (Lopes, 2007). O anexo IV mostra o respetivo diagrama de blocos utilizado para estudar as respostas da amplitude e dos sinais dados nos diversos locais, após injeção de corrente elétrica no terreno.

O software LabVIEW possui total integração com a placa de aquisição, possibilitando comunicação, análise, apresentação e gravação das variáveis, garantido o funcionamento de todo o sistema elaborado.

Em suma, todas as medições realizadas de resistividade elétrica através do dispositivo Pólo-Pólo foram obtidas com os oito elétrodos do tapete que estavam ligados à DAQ e à qual se mediram os potenciais nesses oito elétrodos (Figura 3.13). Para a aquisição dos dados foram sempre necessárias duas pessoas.



**Figura 3.13** - Levantamento geofísico realizado com o dispositivo Pólo-Polo (foto Lia Coelho, 2010).

O levantamento geofísico dos locais L15 e L21 foi feito exclusivamente através do *resistímetro Terrameter 300 SAS*. Medimos a resistência elétrica, manualmente, através do resistímetro, a cada um dos pontos do tapete (1 a 8). Portanto, o elétrodo de potencial M foi colocado em cada um dos pontos do tapete para medição de leituras, com o outro elétrodo de potencial N no infinito. Quanto aos elétrodos de corrente, o A permaneceu no centro do tapete e o B foi colocado também no infinito. À medida que se obtinha uma medida ia-se registrando a mesma no caderno de campo.

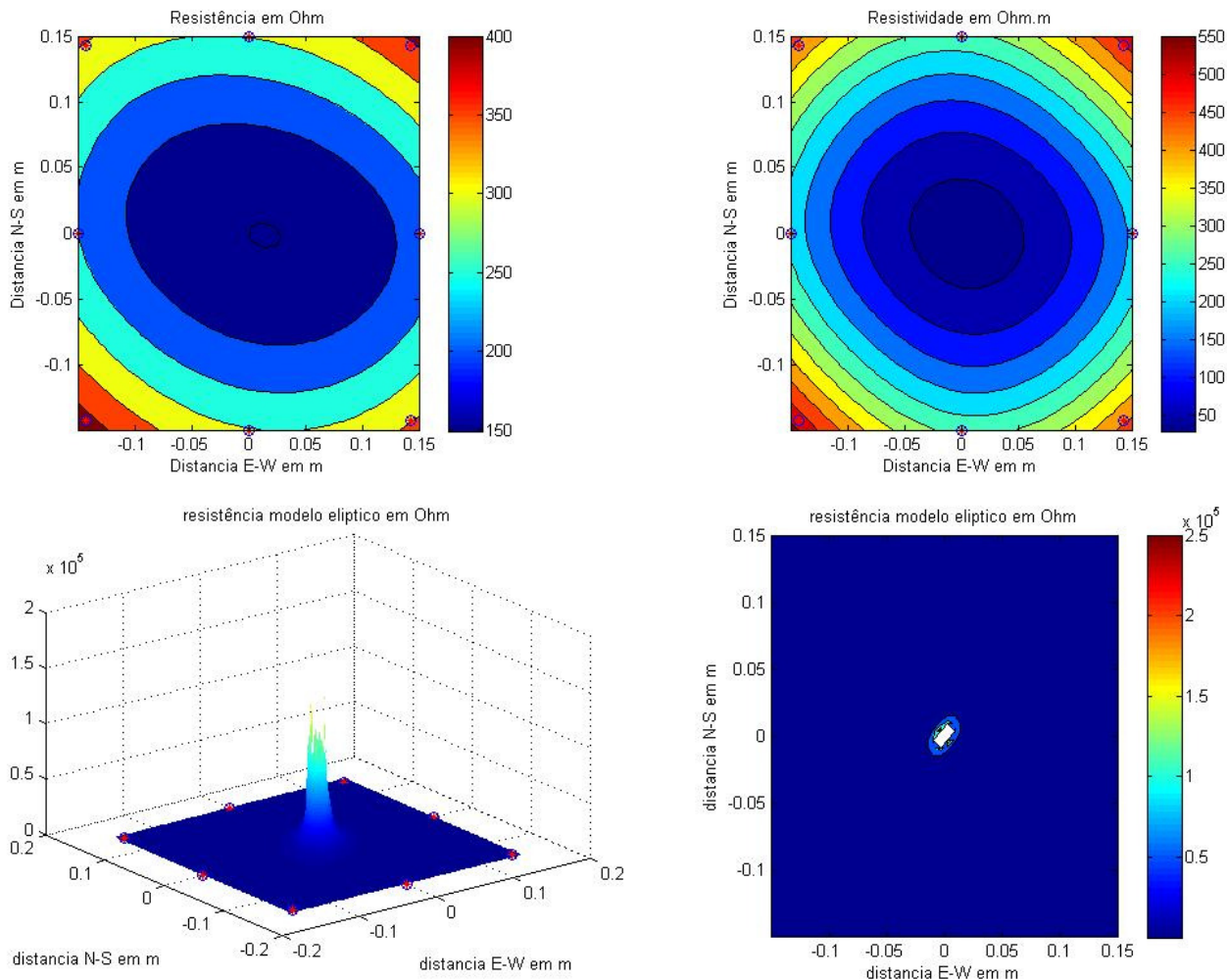
Os cabos utilizados entre os elétrodos de potencial e o instrumento (DAQ NI) têm um isolamento considerável, tentando assim evitar entradas de ruídos elétricos durante os levantamentos. Em certos casos, para melhorar os contactos foi necessário humedecer o terreno. Efetivamente o contacto com o terreno é muito importante, pois pode apresentar resistências tão elevadas como 1000 Ohm, pelo que há que melhorar tanto quanto possível a sua eficácia. As posições geométricas dos elétrodos e os valores dos potenciais determinados através do LabView foram exportados para ficheiros que depois se organizaram num único ficheiro que dá entrada no software Matlab e também para servir de base ao cálculo das resistividades dos pontos amostrados.

A programação elaborada no software Matlab encontra-se no Anexo V, onde estão representadas as scripts usadas para o auxílio da *script* final, nomeadamente a medição do tapete; função da elipse, que ajusta uma distribuição aos dados da resistência (amplitude);



função diferença quadrática teórica real e por fim a scrip total, que lê as files (amplitudes) obtidas pelo programa LabView, para se elaborarem os perfis de resistividade no terreno.

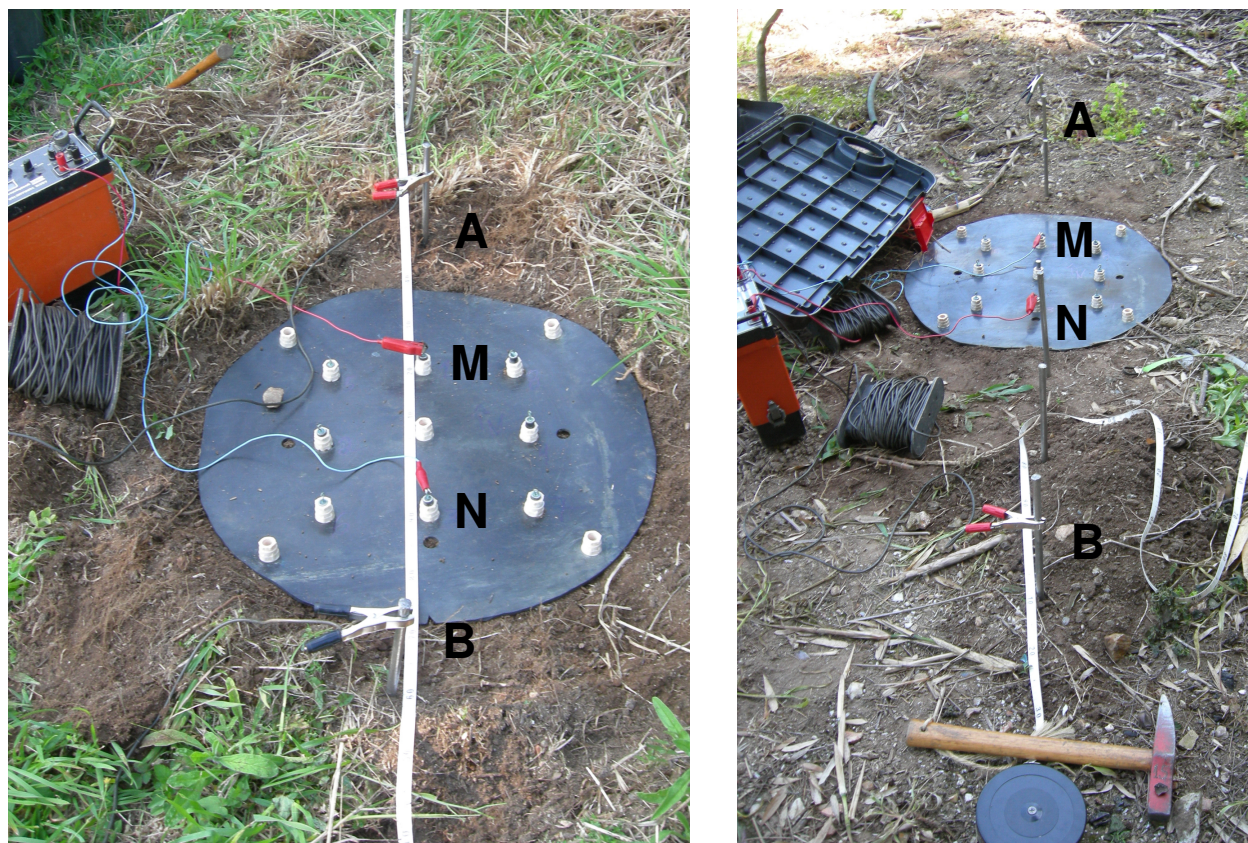
A figura 3.14 mostra saídas gráficas do Matlab obtidas por regularização de malha a partir das oito resistências medidas (topo esquerdo) e as resistividades calculadas (topo direito) onde é notório anisotropia mostrando a resistividade a variar com a direção.



**Figura 3.14** - Saída gráfica (L11) mostrando anisotropia elevada.

Nota-se alguma homogeneidade e simetria no local L11. Na base da figura apresenta-se o modelo de potencial elíptico que se ajustou aos dados das oito resistências de onde se obtiveram os parâmetros de anisotropia.

Por último, em cada local de levantamento geofísico, além da configuração usada anteriormente, também foi usada a configuração Wenner e a configuração Schlumberger para obtenção de dados da resistividade. Fizeram-se três medidas. A primeira, como os elétrodos estavam espaçados simetricamente e com a mesma distância, resultou numa configuração Wenner. As outras duas medições obedeceram à configuração Schlumberger também simétrica mas com distâncias diferentes (Figura 3.15).



**Figura 3.15** - Do lado esquerdo mostra-se a configuração Wenner, do lado direito apresenta-se a configuração Schlumberger, usados no terreno (fotos Lia Coelho, 2010).

Como se pode constatar através da figura 3.15, os elétrodos 1 e 3 do tapete são os elétrodos de potencial, espaçados 0.3 m. Os elétrodos de corrente da primeira para a segunda medição sofreram um aumento de 0.3m para cada lado. Em cada local que se fazia um levantamento de resistividade elétrica, tínhamos sempre o cuidado de alinhar o sistema com o Norte.

Realizaram-se as configurações como se encontra explicado anteriormente, e os valores da resistência elétrica foram obtidos através do *Resistivímetro Terrameter 300 SAS*.

#### 3.1.2.4. Variáveis geofísicas

Com as resistências elétricas obtidas no campo calcularam-se resistividades aparentes bem como 14 variáveis, que se apresentam a seguir enquanto os resultados aparecem no capítulo 4.

As variáveis geofísicas escolhidas levaram em consideração a quantificação de parâmetros indicadores de valores médios, anisotropia, homogeneidade e simetria das leituras azimutais e radiais. Quando o terreno é homogêneo os potenciais simétricos obtidos na mesma direção mas com sentidos opostos, são idênticos. Tirando partido deste facto podemos definir um parâmetro de homogeneidade somando a raiz quadrada da soma das diferenças simétricas quadradas. As médias e os desvios à média (desvio padrão) com os valores obtidos, com espaçamentos idênticos e em direções distintas, também podem obter parâmetros indicadores da sobreposição de heterogeneidade e anisotropia. A comparação das médias obtidas com distâncias distintas, para os espaçamentos interelectródicos, pode dar uma indicação da variação em profundidade da resistividade, dado que para espaçamentos maiores a corrente atinge profundidades maiores.

A variável 1 pretende dar a conhecer a homogeneidade versus heterogeneidade do meio, ou seja, para cada local de amostragem somou-se a raiz quadrada da soma das diferenças



simétricas quadradas. Mais precisamente, através da visualização da Figura 3.7, foi calculado  $\sqrt{[(pa1 - pa3)^2 + (pa2 - pa4)^2 + (pa5 - pa7)^2 + (pa6 - pa8)^2]}$ . Os valores pa1 a pa8 representam as resistividades de cada elétrodo do tapete em cada ponto de amostragem. Se o resultado se aproximar de zero o terreno é homogéneo, caso contrário é heterogéneo.

A variável 2 explica a média aritmética das pa, ou seja, no Microsoft Office Excel usou-se a função Média de todas as 8 resistividades calculadas. Pode ser considerado como um resumo da distribuição como um todo. Acaba por não ser uma medida representativa dos dados pois a média acaba por ser muito sensível a valores muito grandes ou muitos pequenos.

A variável 3 explica a média das primeiras quatro resistividades (pa1 a pa4), elétrodos mais interiores do tapete (Figura 3.7).

A variável 4 compreende as segundas quatro resistividades (pa5 a pa8), elétrodos mais exteriores do tapete, que à partida mostram informação mais profunda.

A variável 5, 6 e 7 compreendem o cálculo do desvio padrão e será tanto maior quanto maior for a variabilidade entre os dados. A variabilidade que é apresentada é relativamente à média, e não propriamente a variabilidade dos dados, uns relativamente aos outros. A variável 5 compreende o desvio padrão de todas as 8 resistividades. A variável 6 é referente ao desvio padrão das quatro resistividades, ou melhor, dos 4 elétrodos mais interiores, enquanto a variável 7 refere o desvio padrão dos 4 elétrodos mais exteriores. Com isto pretendemos dar a conhecer a homogeneidade e anisotropia.

A variável 8 diz respeito à diferença das variáveis 3 e 4. Se for positivo, é natural que a resistividade decresça em profundidade. Se for negativo, verifica-se que a resistividade aumenta em profundidade.

A variável 9 refere a diferença entre as resistividades que foram calculadas pelo método Wenner e Schlumberger, mais precisamente a diferença da p1, primeira medição, e p3, última medição. Se o valor for positivo verifica-se que a resistividade diminui com a profundidade. Acontecendo o contrário, é de esperar que a resistividade aumente em profundidade, ou seja quanto maior for o valor negativo maior é a resistividade em p3.

A variável 10, 11 e 12 são os valores retirados do ajuste elíptico das equipotenciais. A variável 10 reverte ao eixo maior da elipse (a), enquanto a variável 11, reverte ao eixo menor da elipse (b). A variável 12 é o ângulo em radianos do eixo maior da elipse, transformado em graus (produto dos valores do ângulo em radianos e 180°, sobre a razão de  $\pi$ ).

A variável 13 é a raiz quadrada da razão a e b, que se pode denominar de índice de anisotropia.

A variável 14 é a raiz quadrada do produto de a pelo b, e que se pode apelidar de resistividade média ou mesmo média geométrica.

## 3.2. Métodos Geoquímicos

O termo *concentrações ou níveis de base*, também referido por *background* ou *concentrações de fundo* é entendido como a variação natural na concentração de um dado elemento químico no ambiente superficial. Nos solos as concentrações de base poderão variar, num mesmo local, com fatores tão variados como a profundidade de colheita de solo, a fração escolhida para análise, o método de dissolução da amostra (total ou parcial), o método analítico escolhido, etc. (Ferreira, 2004).

A amostragem de solo em estudos deste tipo é fundamental na medida em que permitirá definir assinaturas geoquímicas associadas à atividade industrial (produção vidreira) já que no fabrico do vidro são frequentemente utilizados diferentes tipos de materiais de composição distinta. Estas atividades podem ser responsáveis pela presença de concentrações mais elevadas do que as concentrações de fundo geoquímico.

Estes resultados associadas aos vestígios que se encontrem em determinados espaços de ocupação, podem ajudar a posicionar no terreno as diferentes infraestruturas por vezes dispersas (por exemplo o posicionamento dos fornos) ou pela diferenciação na assinatura das diferentes atividades inerentes a essa atividade, designadamente na utilização de produtos distintos para o fabrico de vidro de cores variadas, ou do posicionamento de locais de acumulação de matéria-prima (quartzo). A bibliografia consultada refere a utilização de engenhos de moagem para a transformação dos fundentes e do casco de vidro em partículas de menor dimensão que seriam misturadas ao quartzo, ou areia, durante o processo de fusão.

A realização deste estudo teve como objetivo dar continuidade ao trabalho desenvolvido por Garcia (2009) de forma a redefinir os locais com potencial arqueológico, referentes a fornos e a infraestruturas da antiga Fábrica de Vidros do Côvo. Na bibliografia consultada, é referida a utilização de engenhos de moagem para a transformação dos fundentes e do casco (rejeitados) de vidro em partículas de menor dimensão que seriam misturadas ao quartzo, ou areia, durante o processo de fusão. No entanto, esses elementos só poderão ser detetados através de análises químicas às amostras de solos.

### 3.2.1. Planeamento e distribuição dos locais de amostragem

A colheita de solos foi efetuada em duas fases. A primeira campanha de amostragem (Figura 3.16) foi realizada em 2008, no âmbito da tese de Mestrado do Engenheiro Pedro Garcia (Garcia, 2009), tendo sido colhidas 32 amostras de solo. Após análise dos resultados obtidos, numa fase anterior ao presente trabalho, foi necessário apertar a malha de amostragem para clarificar alguns aspetos. Nesse sentido foi feita uma segunda campanha de amostragem (Figura 3.16), em junho de 2010, já no âmbito do presente estudo.

As 38 amostras da 2ª campanha foram colhidas no dia 17 e entre 21 e 24 de junho de 2010, segundo uma malha de amostragem previamente traçada, tendo como referência os locais de amostragem já amostrados na campanha anterior. Apesar da rede previamente definida foi necessário efetuar alguns ajustes devido às condições do terreno ou à existência de edificado. As respetivas coordenadas dos pontos foram recolhidos com a ajuda do GPS Magellan SportTrak, disponibilizado pelo Departamento de Geociências.

Tendo em consideração as duas campanhas de amostragem foram colhidas 70 amostras de solo.

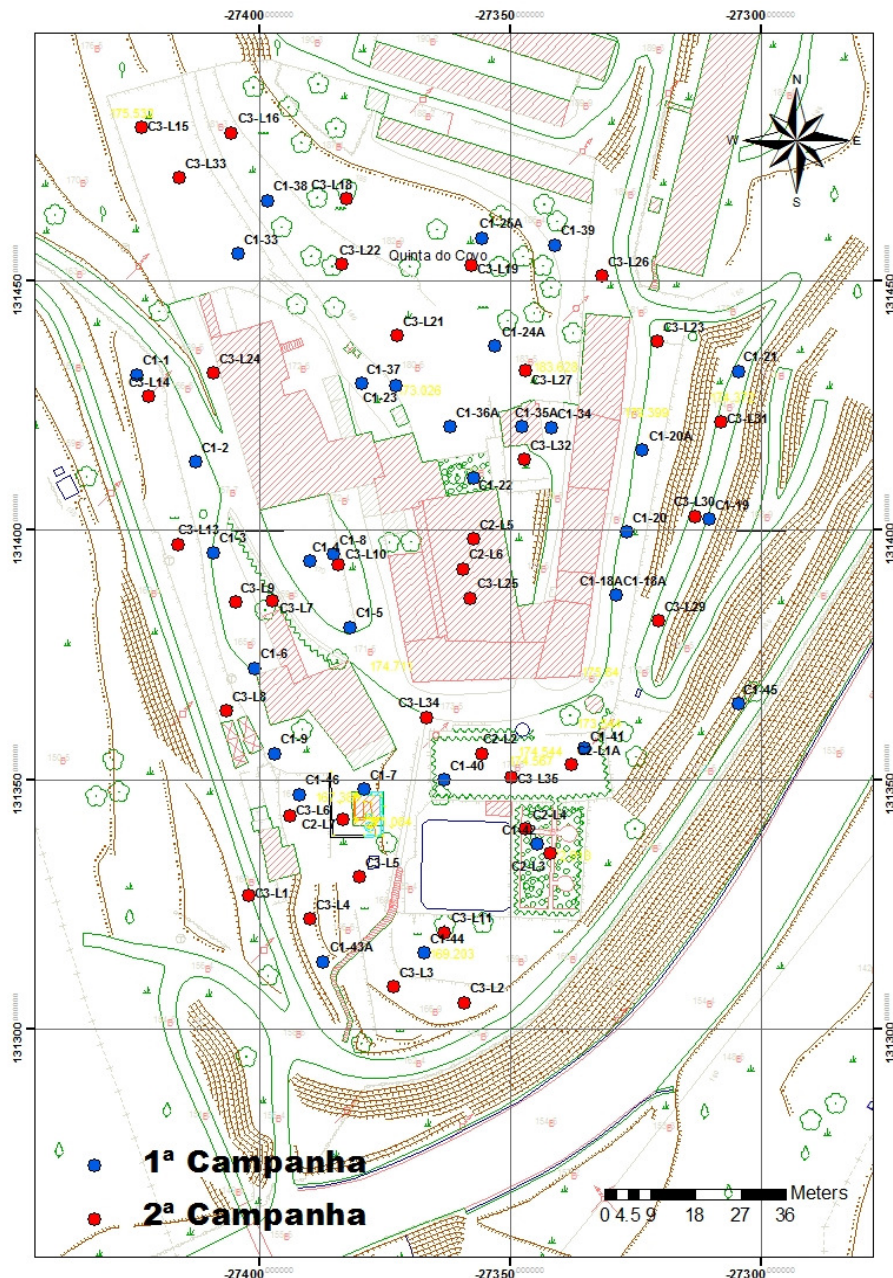


Figura 3.16 - Localização das amostras de solo recolhidas na 1ª e 2ª campanha geológica.

### 3.2.2. Colheita e preparação das amostras

As amostras de solo foram recolhidas através da utilização de um trado (Figura 3.17), até profundidades máximas de 60 cm. Em todos os pontos foram recolhidas várias amostras, consoante a litologia do solo e até à profundidade máxima permitida pelo trado utilizado. As diferentes profundidades de colheita foram registadas sendo que para a análise química a profundidade analisada foi até 30 cm.

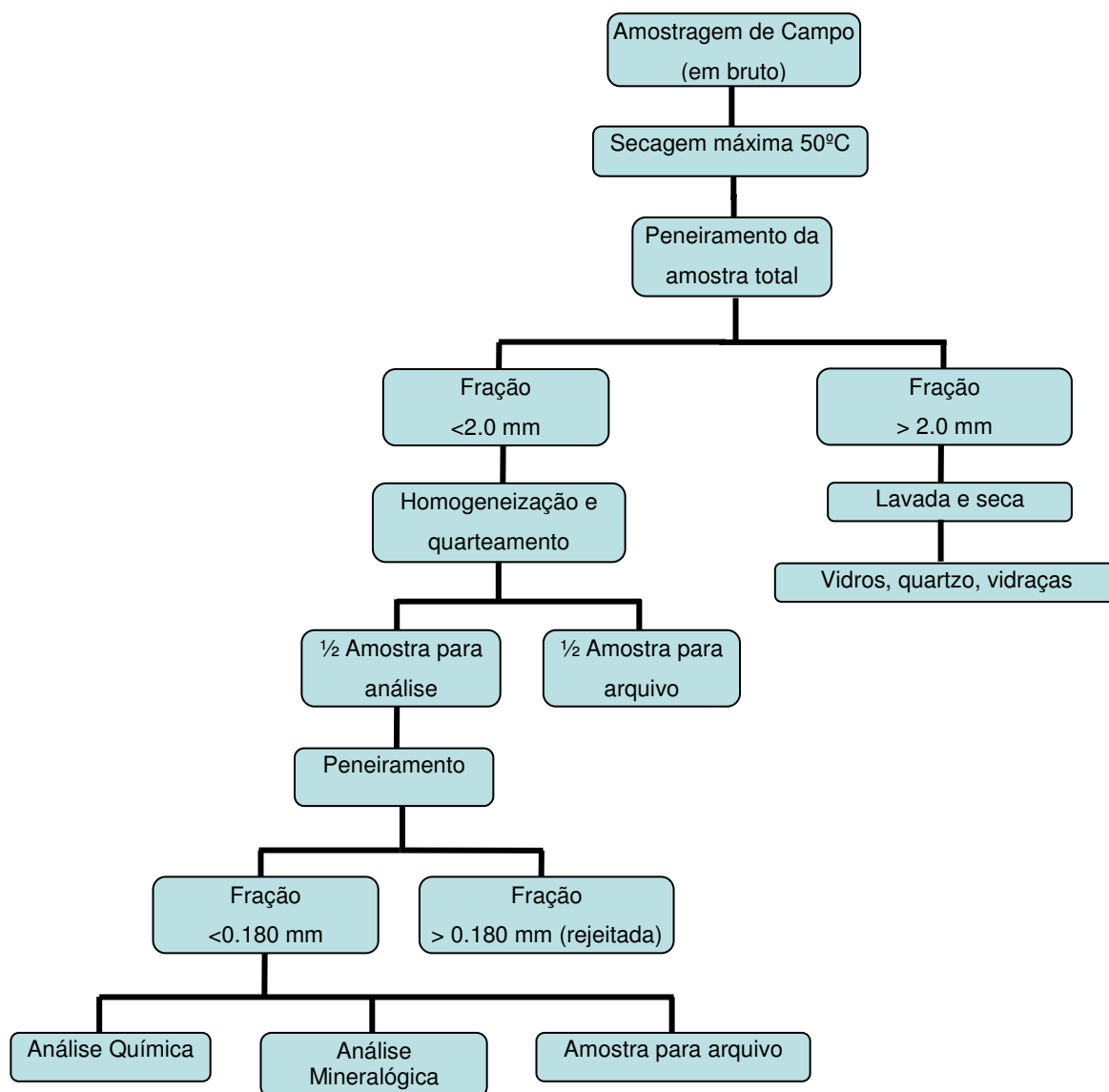




**Figura 3.17-** (a) Recolha, (b) armazenamento e (c) medição da profundidade de colheita das amostras (fotos Lia Coelho, 2010).

As amostras foram colhidas e armazenadas em sacos plástico previamente preparados para o efeito, variando a quantidade da amostra consoante as características do solo amostrado (mais grosseiro ou mais fino). Cada amostra foi ensacada individualmente e identificada. Para além do trado, dos sacos plásticos, do caderno de campo e da carta topográfica, foi também utilizado um martelo de borracha para ajudar a retirar a amostra do trado e etiquetas de papel escritas a lápis, com o nome da amostra (com a finalidade de evitar perda de informação), as quais foram colocadas dentro de cada um dos sacos, bem como um marcador para escrever no exterior dos mesmos, de forma a identificar as amostras. Cada local de colheita foi marcado na respetiva carta topográfica.

As amostras foram transportadas para o laboratório de preparação física do Departamento de Geociências onde sofreram um tratamento físico resumido no fluxograma da figura 3.18.



**Figura 3.18** - Fluxograma da preparação física das amostras de solos.

No tratamento houve cuidado em evitar a contaminação das amostras. Todo o material utilizado, nomeadamente tabuleiros, peneiros, espátulas, foi cuidadosamente lavado, seco e limpo com álcool etílico a 96% antes da preparação de cada amostra.

As amostras foram colocadas em tabuleiros de plástico e secas na estufa a uma temperatura máxima de 50°C durante 24h a 48h. Numa sala de peneiramento, equipada com extrator de poeiras, as amostras depois de secas foram homogeneizadas e quarteadas; dois quartos opostos da amostra foram arquivados em sacos de plástico e selados.

A restante amostra foi peneirada para obter duas granulometrias, 2 mm e <0.180 mm. Para o efeito foram utilizados peneiros em inox, nomeadamente os peneiros com a malha 2.0 e 0.180mm.

A fração superior a 2.0 mm foi lavada e seca na estufa de modo a verificar a existência de fragmentos de vidros de diferentes cores, vidraças e tipos de quartzo existentes nas amostras.

A fração inferior a 2 mm foi posteriormente peneirada a <0.180 mm. A fração <0.180 mm foi guardada em frascos de plásticos esterilizados de 50ml, devidamente referenciados. Foi decidido analisar esta fração granulométrica por ser a fração mais utilizada em levantamentos



geoquímicos, e também porque o estudo anterior tinha utilizado esta fração, assegurando-se assim a comparabilidade dos resultados (Figura 3.19).



**Figura 3.19** - Alguns procedimentos após a receção no laboratório das amostras (fotos Lia Coelho, 2010).

### 3.2.3. Análise química das amostras de solo e vidros

As amostras de solo e de vidros foram analisadas para 58 elementos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Sc}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cs}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Hf}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sn}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Th}$ ,  $\text{U}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{Pr}$ ,  $\text{Nd}$ ,  $\text{Sm}$ ,  $\text{Eu}$ ,  $\text{Gd}$ ,  $\text{Tb}$ ,  $\text{Dy}$ ,  $\text{Ho}$ ,  $\text{Er}$ ,  $\text{Tm}$ ,  $\text{Yb}$ ,  $\text{Lu}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Tl}$ ,  $\text{Se}$  - Anexo VI) por espectrometria de Emissão de Plasma (ICP-MS OPTIMA) num laboratório internacionalmente acreditado (ACME Analytical Laboratories Ltd-ISSO 9002 Accredited Co.). O método analítico utiliza 0.25 grama de amostra. Esta é



decomposta com  $\text{HClO}_4\text{-HNO}_3\text{-HCl-HF}$  a elevada temperatura seguida de uma diluição do resíduo HCl. No Quadro 3.2 apresentam-se os limites de deteção para os vários elementos.

**Quadro 3.2-** Limites de deteção (LD) do método analítico (ICP-MS) utilizado na análise das amostras de solo.

Elemento	LD	Elemento	LD	Elemento	LD	Elemento	LD
Ag	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Er	0.03 mg kg <sup>-1</sup>	Na <sub>2</sub> O	0.01%	Sr	0.5 mg kg <sup>-1</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01%	Eu	0.02 mg kg <sup>-1</sup>	Nb	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Ta	0.1 mg kg <sup>-1</sup>
As	0.5 mg kg <sup>-1</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04%	Nd	0.3 mg kg <sup>-1</sup>	Tb	0.01 mg kg <sup>-1</sup>
Au	0.5 mg kg <sup>-1</sup>	Ga	0.5 mg kg <sup>-1</sup>	Ni	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Th	0.2 mg kg <sup>-1</sup>
Ba	1 mg kg <sup>-1</sup>	Gd	0.05 mg kg <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01%	Tl	0.1 mg kg <sup>-1</sup>
Be	1 mg kg <sup>-1</sup>	Hf	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Pb	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Tm	0.01 mg kg <sup>-1</sup>
Bi	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Hg	0.01 mg kg <sup>-1</sup>	Pr	0.02 mg kg <sup>-1</sup>	TiO <sub>2</sub>	0.01%
CaO	0.01%	Ho	0.02%	Rb	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	U	0.1 mg kg <sup>-1</sup>
Cd	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O	0.01%	S	0.1%	V	8 mg kg <sup>-1</sup>
Ce	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	La	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Sb	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	W	0.5 mg kg <sup>-1</sup>
Co	0.2 mg kg <sup>-1</sup>	Li	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Sc	1 mg kg <sup>-1</sup>	Y	0.1 mg kg <sup>-1</sup>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002%	Lu	0.01 mg kg <sup>-1</sup>	Se	0.5 mg kg <sup>-1</sup>	Yb	0.05 mg kg <sup>-1</sup>
Cu	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	MgO	0.01%	SiO <sub>2</sub>	0.01%	Zn	1 mg kg <sup>-1</sup>
Cs	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	MnO	0.01%	Sm	0.05 mg kg <sup>-1</sup>	Zr	0.1 mg kg <sup>-1</sup>
Dy	0.05 mg kg <sup>-1</sup>	Mo	0.1 mg kg <sup>-1</sup>	Sn	0.1 mg kg <sup>-1</sup>		

### 3.2.4. Análise mineralógica das amostras de solo

O método analítico utilizado na caracterização mineralógica das amostras de solo foi o método das poeiras cristalinas, sendo gráfico o modo de registo (técnica de difractometria de pós).

Para a obtenção dos difractogramas dos agregados não orientados e orientados utilizou-se um difratómetro Philips/Panalytical X'Pert-Pro MPD constituído por um gerador PW 3040 e um goniómetro PW 3050/60 com registo em impressora. Foi utilizada a radiação  $K\alpha$  Cu ( $\lambda = 1,5405$  Å), com as seguintes condições operacionais: 30mA, 50kV e velocidade de rotação do goniómetro de  $0.02^\circ$  ( $2\theta$ ) s<sup>-1</sup>.

Os difractogramas obtidos foram interpretados com base nos ficheiros do JCPDS (Joint Committee for Powder Diffraction Standards) que contém dados estruturais retirados de difractogramas de mais de 2000 espécies minerais padrão. Entre esses dados constam os valores de dhkl correspondentes às diversas difrações ou reflexões, dispostos por ordem decrescente de valor, bem como as intensidades correspondentes às difrações, para além de outros dados informativos (Gomes, 1990). Também foram utilizadas as tabelas do livro editado por Brindley & Brown (1980) para identificação complementar dos difractogramas.

### 3.2.5. Análise da superfície das amostras de vidros

A observação da superfície das amostras foi efetuada utilizando um microscópio eletrónico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) da Hitachi modelo S4100, associado a um equipamento que permite efetuar a análise química dos elementos presentes na amostra através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

## 3.3. Métodos Estatísticos de Tratamento de dados

A análise de componentes principais é um método de análise fatorial descritivo e quantitativo, que permite reduzir o número de variáveis necessárias para descrever um conjunto de indivíduos, perdendo a menor quantidade de informação possível. São criadas novas variáveis designadas por eixos, fatores ou ainda por componentes, que são extraídas sucessivamente,

por ordem decrescente da variância explicada (Ferreira, 2004). Parte-se de um quadro inicial de dados em bruto, uma matriz  $Q$  de dimensões  $n \times p$  ( $n$  linhas por  $p$  colunas) da qual se extrai após interseção da linha  $i$  com a coluna  $j$  um atributo qualitativo  $k(i,j)$  que relaciona a linha  $i$  com a coluna  $j$ . Neste caso, trata-se da medição de características de variáveis  $j$  (elementos químicos) nos indivíduos  $i$  (amostras colhidas no campo) e, portanto o  $k(i,j)$ , é o teor do elemento  $j$  medido na amostra  $i$  (Reis, 2009).

A ACP é um procedimento matemático que parte de  $N$  variáveis e gera  $N$  novas variáveis, conservando a variância original. É uma técnica matemática que opera sobre a matriz e correlação de um conjunto de variáveis, definindo os eixos de um hiperelipsóide de dispersão que explica a varência total das variáveis analisadas (Carriço, 1999).

Na prática são criadas  $n$  “novas” variáveis (vetores próprios, eixos, componentes ou fatores), dependentes das correlações das variáveis originais, cada uma delas caracterizada por um valor próprio (eigenvalue). Este valor não é mais do que a quantidade de variância explicada pelo respetivo eixo. As componentes Principais são calculadas sucessivamente. A variância total inicial só seria totalmente explicada pelo primeiro eixo se as variáveis iniciais se correlacionassem de forma perfeita, isto é, se os coeficientes de correlação fossem iguais a 1 e/ou -1. Na prática tal não acontece, verificando-se por isso que cada um dos  $n$  eixos explica parte da variância e o último é o que explica a menor, uma vez que um determinado eixo  $i$  só vai poder explicar a variância que os anteriores eixos  $i-1$  não conseguiam explicar. Assim, os primeiros eixos são os que geralmente apresentam maior interesse (Carriço, 1999).

A retenção de um número  $k$  limitado de eixos (as componentes principais) explicativos de grande parte da variância total, traduz-se geometricamente por uma transposição de um espaço inicial de  $n$  dimensões, em que  $k < n$ . Este procedimento usual implica uma definição de critérios que permita estipular qual a quantidade de variância explicada que é importante (Carriço, 1999).

A representação gráfica de uma análise deste tipo é feita numa circunferência de raio unitário ao qual se dá o nome de círculo de correlação e que se centra na origem dos eixos do plano fatorial. Quanto mais próximas do círculo as variáveis se posicionarem mais bem correlacionadas estão no plano, quanto mais próximas estiverem entre si mais bem correlacionadas estão entre si, quanto mais próximas estiverem com um dado eixo mais bem correlacionadas estão com este. Quanto mais próximas estiverem da origem menos correlacionadas estão essas variáveis com o plano e são inconclusivas (Pereira e Sousa, 1991).

O software final usado para a obtenção dos mapas, apresentados ao longo do presente trabalho, foi o ArcGis 9, ArcMap<sup>TM</sup> Version 9.3.1, cedida pela empresa ESRI - Environmental Systems Research Institute. O Datum e o sistema de coordenadas utilizado foi o Datum 73 Hayford Gauss do Instituto Português de Cartografia e Cadastro (IPCC) A Grid File XYZ utilizada para o efeito foi criada no programa Golden Software Surfer 8.0. Estes mapas apresentam-se com a extensão GRD (extensão do surfer), mas para conseguirmos introduzi-los no ArcGis, foi feita uma conversão de leitura para ASC (extensão do ArcGis) através do software Grid Convert Version 1.0. Por defeito, a técnica de estimação/interpolação probabilística local foi o método de Krigagem. Este método consiste na procura do melhor estimador do valor real tomado por uma variável regionalizada num determinado domínio, quando conhecidos os valores da variável em zonas estruturalmente ligadas a esse domínio. O estimador será dado pela combinação linear de toda a informação disponível, cujos coeficientes se associam aos valores amostrados e obedecem às suas condições, o não enviesamento e a minimização da variância de estimação (Candeias, 2008).

## 4. Análise e interpretação dos dados geofísicos

### 4.1. Dispositivo de Wenner e Schlumberger

Uma das aplicações mais comuns dos métodos de resistividade é a detecção de objetos ou estruturas com interesse arqueológico. Nesse sentido, em cada ponto de amostragem foram efetuadas 3 medidas de resistividade, uma (a primeira) usando o dispositivo de Wenner e as outras duas usando dispositivo de Schlumberger. O Quadro 4.1 apresenta os valores das resistências obtidas no campo (R1, R2, R3), o k é o fator geométrico que foi calculado consoante o método utilizado, e  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  e  $\rho_3$  são as respectivas resistividades calculadas. A figura 3.12 demonstra como foram obtidas as medidas da resistência no campo, que depois foram convertidas em Resistividades.

**Quadro 4.1** -Medições das resistências e cálculo das respectivas resistividades aparentes.

Ref.	R1 (Ohm)	R2 (Ohm)	R3 (Ohm)	k1 (m)	k2 (m)	k3 (m)	$\rho_1$ (Ohm.m)	$\rho_2$ (Ohm.m)	$\rho_3$ (Ohm.m)
L1	197.9	91.0	62.8	1.88	5.65	11.31	373.03	514.59	710.25
L2	297.0	71.0	28.3	1.88	5.65	11.31	559.83	401.50	320.07
L3	127.8	51.2	21.3	1.88	5.65	11.31	240.90	289.53	240.90
L4	289.0	120.4	64.4	1.88	5.65	11.31	544.75	680.85	728.35
L5	129.7	42.8	21.9	1.88	5.65	11.31	244.48	242.03	247.68
L6	183.7	80.1	39.7	1.88	5.65	11.31	346.27	452.95	449.00
L7	364.0	140.3	68.7	1.88	5.65	11.31	686.12	793.38	776.98
L8	60.5	24.4	13.7	1.88	5.65	11.31	114.04	137.98	154.94
L9	146.6	56.0	30.9	1.88	5.65	11.31	276.33	316.67	349.47
L10	112.8	42.9	22.8	1.88	5.65	11.31	212.62	242.59	257.86
L11	48.2	21.7	12.4	1.88	5.65	11.31	90.85	122.71	139.79
L12	103.7	33.5	17.5	1.88	5.65	11.31	195.47	189.44	197.58
L13	126.1	60.4	38.0	1.88	5.65	11.31	237.69	341.55	429.77
L14	230.0	102.5	58.5	1.88	5.65	11.31	433.54	579.62	661.62
L15	660.0	254.0	123.7	1.88	5.65	11.31	1244.07	1436.34	1399.01
L16	255.0	118.5	66.5	1.88	5.65	11.31	480.66	670.10	752.10
L18	148.1	54.9	28.8	1.88	5.65	11.31	279.16	310.45	325.72
L19	202.0	85.3	48.9	1.88	5.65	11.31	380.76	482.36	553.05
L21	243.0	114.5	64.5	1.88	5.65	11.31	458.04	647.48	729.48
L22	297.0	124.4	66.7	1.88	5.65	11.31	559.83	703.47	754.36
L23	191.8	94.3	60.7	1.88	5.65	11.31	361.53	533.25	686.50
L24	126.6	30.5	13.7	1.88	5.65	11.31	238.64	172.47	155.28
L25	72.4	41.9	24.8	1.88	5.65	11.31	136.47	236.94	280.48
L26	342.0	127.1	51.2	1.88	5.65	11.31	644.65	718.73	579.06
L27	292.0	110.5	52.3	1.88	5.65	11.31	550.41	624.86	591.50
L29	232.0	100.4	59.9	1.88	5.65	11.31	437.31	567.75	677.45
L30	839.0	335.0	178.0	1.88	5.65	11.31	1581.48	1894.38	2013.13
L31	492.0	204.0	102.0	1.88	5.65	11.31	927.40	1153.59	1153.59
L32	422.0	145.9	55.9	1.88	5.65	11.31	795.45	825.05	632.21
L33	509.0	212.0	108.6	1.88	5.65	11.31	959.44	1198.83	1228.24
L34	516.0	161.2	65.9	1.88	5.65	11.31	972.64	911.56	745.31
L35	105.9	47.9	29.4	1.88	5.65	11.31	199.62	270.87	332.51
L36	151.9	50.6	22.4	1.88	5.65	11.31	286.32	286.14	253.34

O Quadro 4.2 serviu de auxílio para os cálculos dos fatores geométricos, que descreve a medição do espaçamento (em metros) entre cada elétron.

Quadro 4.2 - Espaçamento entre elétrodos (m).

Medições	A	B	M	N	AM	BM	AN	BN	k
1ª	0.6	1.5	0.9	1.2	0.3	0.6	0.6	0.3	1.88
2ª	0.3	1.8	0.9	1.2	0.6	0.9	0.9	0.6	5.65
3ª	0	2.1	0.9	1.2	0.9	1.2	1.2	0.9	11.31

As fórmulas seguintes exemplificam os procedimentos utilizados para o cálculo da resistividade tendo como referência a amostra L1 do Quadro 4.1. A salientar que, por exemplo,  $k_1$  e  $\rho_1$  da amostra L1 é a primeira medição, e como tal é independente das outras duas medições ( $k_2$  e  $\rho_2$ ;  $k_3$  e  $\rho_3$ ), em virtude de terem sido executados nas primeiras medições o método de Wenner, e nas duas posteriores medições o método Schlumberger. Consequência disso é a diferente maneira de calcular a resistividade, como foi referido na parte teórica no capítulo 3.

$$\begin{array}{l}
 k_1 = 2 \pi a \\
 k_1 = 2 * \pi * 0.3m \\
 k_1 = 1.88m
 \end{array}
 \Rightarrow
 \begin{array}{l}
 \rho_1 = R_1 k_1 \\
 \rho_1 = 373.03 \text{ Ohm.m}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 k_2 = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{AM}\right) - \left(\frac{1}{AN}\right) - \left(\frac{1}{BM}\right) + \left(\frac{1}{BN}\right)\right]} \\
 k_2 = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{0.6}\right) - \left(\frac{1}{0.9}\right) - \left(\frac{1}{0.9}\right) + \left(\frac{1}{0.6}\right)\right]} \\
 k_2 = 5.65m
 \end{array}
 \Rightarrow
 \begin{array}{l}
 \rho_2 = R_2 k_2 \\
 \rho_2 = 514.59 \text{ Ohm.m}
 \end{array}$$

A figura 4.1 representa os valores da resistividade usando o método de Wenner ( $\rho_1$ ) e de Schlumberger ( $\rho_2$  e  $\rho_3$ ), ao longo dos pontos amostrados. O procedimento para a obtenção destes mapas encontra-se detalhado no capítulo 3. De referir, no entanto, que para se criar a Grid File XYZ no software Surfer 8, X e Y dizem respeito às coordenadas cartográficas e o Z corresponde aos valores das resistividades calculadas anteriormente e apresentados no Quadro 4.1.

A análise da figura 4.1 permite-nos tirar as seguintes conclusões:

- Os valores a vermelho são representativos de anomalias com resistividades altas enquanto as anomalias representadas pela cor azul escura correspondem a anomalias com resistividades mais baixas.
- É notório que ao longo dos três perfis, as anomalias verificadas a vermelho em  $\rho_1$  mantêm-se até  $\rho_3$ , mas em  $\rho_1$  são inferiores.



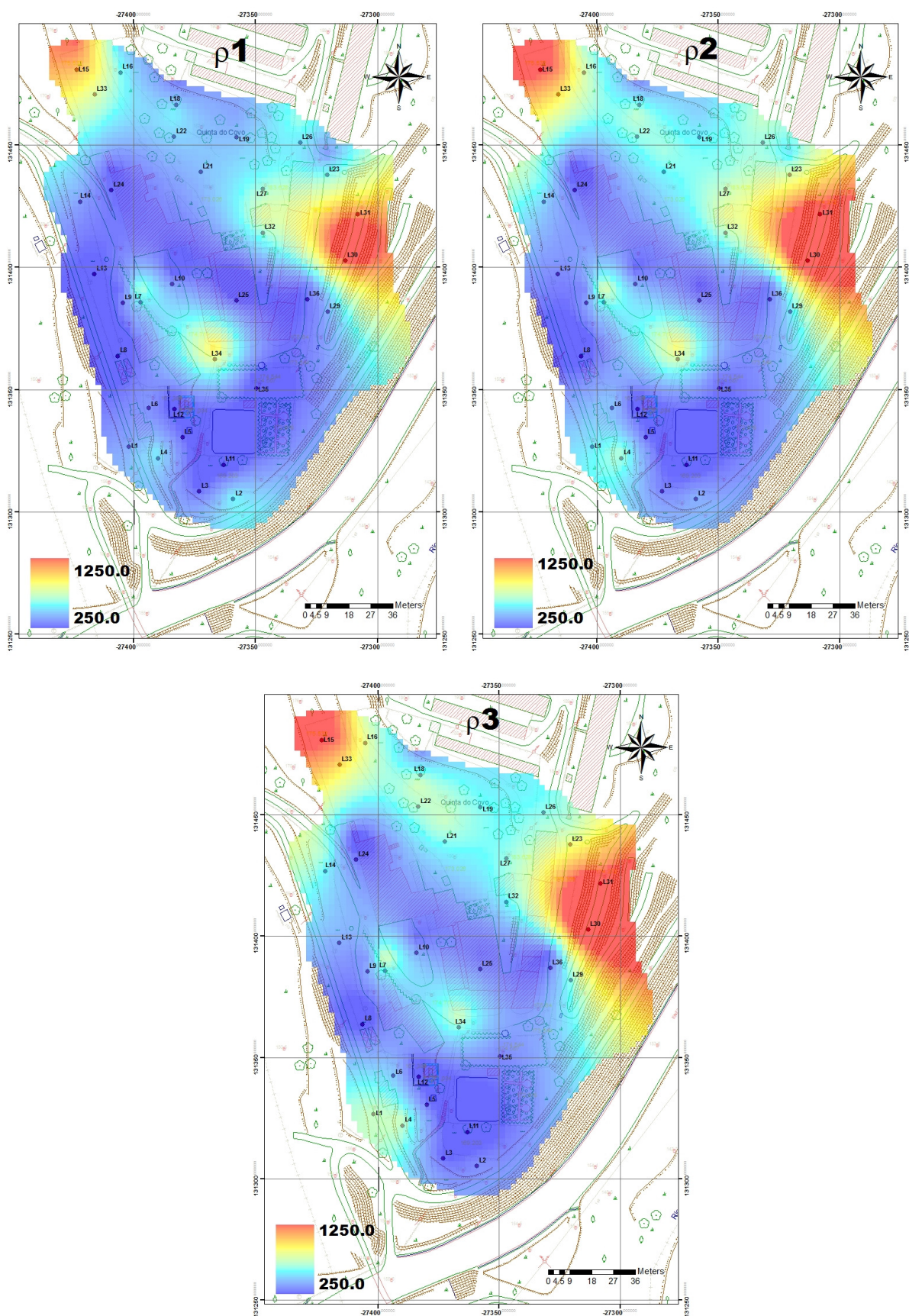


Figura 4.1 - Cartografia das três medições de resistividades usando o dispositivo de Wenner e do Schlumberger.

- Nos locais onde a resistividade aumenta em profundidade é porque o eletrólito que estabelece a corrente elétrica escasseia. Isso pode acontecer devido a uma porosidade muito baixa, xisto não alterado. Pelo contrário, quando a resistividade diminui em profundidade poderá indicar locais onde predominam aterros com uma porosidade elevada preenchida por água.

## 4.2. Dispositivo Pólo-Pólo (Protótipo)

Os dados obtidos por este dispositivo foram amplitudes entre o máximo e o mínimo de potencial provocado pela injeção de corrente em sentidos opostos, pelo que para obtermos a diferença de potencial relativa à intensidade de corrente injetada temos que dividir os valores adquiridos por dois. Foram calculados os fatores geométricos dos primeiros 4 elétrodos (mais interiores) que medem 0.15m do centro aos elétrodos. Os outros 4 (mais exteriores), do centro ao elétrodo medem 0.21m. Os dados das amplitudes e da intensidade de corrente, são apresentados tal como foram obtidos no campo (Quadro 4.3).

**Quadro 4.3** - Amplitudes obtidas com o software LabView e respetivos fatores geométricos calculados.

Refª	I (mA)	a1 (V)	a2 (V)	a3 (V)	a4 (V)	k1,2,3,4 (m)	a5(V)	a6(V)	a7(V)	a8(V)	k5,6,7,8 (m)
L1	10	11.02	12.56	11.36	11.34	0.94	9.76	7.19	7.13	7.09	1.29
L2	5	9.97	9.47	10.50	9.80	0.94	6.35	6.64	6.31	7.57	1.29
L3	5	12.16	12.86	11.98	13.30	0.94	10.57	9.22	9.47	9.05	1.29
L4	10	18.01	18.01	19.52	18.88	0.94	13.90	13.46	16.61	15.53	1.29
L5	10	10.32	10.49	9.68	8.62	0.94	6.10	7.10	6.22	6.07	1.29
L6	20	13.40	13.27	12.27	12.38	0.94	10.23	9.74	9.43	9.81	1.29
L7	10	13.15	13.14	12.89	12.84	0.94	9.82	9.89	12.35	12.31	1.29
L8	20	7.40	7.38	6.93	7.11	0.94	6.25	7.03	7.21	5.59	1.29
L9	20	11.82	13.19	12.39	11.61	0.94	8.81	8.74	9.00	8.62	1.29
L10	20	11.16	11.59	10.83	11.67	0.94	9.83	9.64	9.12	9.60	1.29
L11	20	12.10	9.99	12.10	8.94	0.94	13.79	16.50	13.86	15.72	1.29
L12	20	8.37	9.72	11.25	8.57	0.94	12.68	7.14	6.74	6.61	1.29
L13	20	11.10	11.06	11.05	10.89	0.94	9.40	8.95	8.82	8.86	1.29
L14	10	9.31	10.05	9.35	8.80	0.94	7.69	8.33	7.52	7.64	1.29
L15	5	1538.0	1655.0	1559.0	1639.0	0.94	1151.0	1107.0	1078.0	1250.0	1.29
L16	20	13.72	12.20	11.89	13.18	0.94	10.08	9.28	9.72	10.31	1.29
L18	20	18.22	19.75	20.05	18.36	0.94	16.48	15.35	16.96	14.26	1.29
L19	20	17.34	17.34	16.40	17.02	0.94	13.64	13.03	14.06	13.21	1.29
L21	20	504.00	544.00	561.00	559.00	0.94	414.00	470.00	468.00	437.00	1.29
L22	10	13.06	13.85	14.23	13.39	0.94	10.56	10.19	11.24	10.43	1.29
L23	20	18.73	19.63	18.27	17.57	0.94	14.98	16.25	14.88	14.54	1.29
L24	10	7.43	5.90	6.77	3.94	0.94	10.54	11.40	14.34	12.70	1.29
L25	20	12.57	13.74	15.91	11.90	0.94	21.40	16.61	12.20	12.65	1.29
L26	10	10.07	9.90	8.80	8.24	0.94	8.13	6.41	6.22	6.25	1.29
L27	10	11.44	9.51	10.37	11.11	0.94	8.87	7.83	8.11	9.37	1.29
L29	10	14.96	14.12	15.72	13.73	0.94	11.78	12.50	11.94	11.47	1.29
L30	5	15.83	14.87	15.84	15.63	0.94	11.62	12.58	12.62	12.04	1.29
L31	5	14.05	12.93	13.49	13.95	0.94	9.48	9.64	9.54	10.32	1.29
L32	10	16.96	19.19	20.35	18.02	0.94	14.53	14.92	13.66	13.78	1.29
L33	5	11.09	11.73	10.82	10.50	0.94	9.64	9.33	8.64	9.17	1.29
L34	5	15.52	16.26	16.23	15.92	0.94	12.64	12.61	12.51	11.31	1.29
L35	20	12.26	13.15	12.89	12.00	0.94	10.92	11.07	10.38	10.45	1.29
L36	20	11.59	13.20	12.36	11.68	0.94	9.08	9.29	9.30	8.83	1.29

As fórmulas seguintes exemplificam os procedimentos utilizados para o cálculo do fator geométrico tendo em conta os quatro elétrodos interiores e os quatro exteriores.

$$k_{1,2,3,4} = 2 \pi a$$

$$k_{1,2,3,4} = 2 * \pi * 0.15$$

$$k_{1,2,3,4} = 0.94 \text{ m}$$

$$k_{5,6,7,8} = 2 * \pi * \text{RAIZQ}(2 * 0.1425^2)$$

$$k_{5,6,7,8} = 1.27 \text{ m}$$



O Quadro 4.4 representa os valores das resistividades calculadas para cada elétron em cada local de amostragem.

**Quadro 4.4** - Valores calculados das Resistividades aparentes dos 8 elétrons.

Ref.	pa1 (Ohm.m)	pa2 (Ohm.m)	pa3 (Ohm.m)	pa4 (Ohm.m)	pa5 (Ohm.m)	pa6 (Ohm.m)	pa7 (Ohm.m)	pa8 (Ohm.m)
L1	519.20	591.92	535.09	534.20	617.72	455.45	451.34	449.08
L2	939.48	892.88	990.07	923.25	803.63	840.37	798.45	959.06
L3	1146.03	1212.12	1129.41	1253.47	1338.66	1167.32	1199.24	1146.35
L4	848.82	848.64	919.70	889.69	880.03	852.17	1051.31	983.29
L5	486.53	494.53	456.32	406.41	386.26	449.76	393.89	384.00
L6	315.70	312.69	289.21	291.68	323.97	308.41	298.37	310.61
L7	619.64	619.20	607.30	604.97	621.61	625.87	781.62	779.08
L8	174.38	173.83	163.17	167.57	197.77	222.45	228.27	177.08
L9	278.54	310.88	292.00	273.50	278.89	276.78	284.92	272.78
L10	262.96	273.18	255.24	274.90	311.03	305.03	288.73	303.84
L11	285.16	235.46	285.19	210.65	436.57	522.40	438.81	497.50
L12	197.18	229.01	265.00	201.94	401.49	226.00	213.23	209.39
L13	261.61	260.53	260.33	256.58	297.51	283.44	279.13	280.42
L14	438.62	473.50	440.60	414.62	487.14	527.35	476.01	483.81
L15	1449.53	1559.80	1469.32	1544.72	1457.42	1401.71	1364.99	1582.78
L16	323.23	287.43	280.18	310.57	319.23	293.85	307.61	326.29
L18	429.27	465.34	472.32	432.51	521.82	485.79	536.96	451.28
L19	408.57	408.55	386.35	401.01	431.71	412.62	445.07	418.16
L21	475.01	512.71	528.73	526.85	524.22	595.12	592.59	553.34
L22	615.29	652.68	670.43	630.83	668.79	645.27	711.68	660.11
L23	441.36	462.44	430.42	414.08	474.34	514.31	470.99	460.38
L24	349.90	277.95	319.17	185.71	667.20	721.86	907.78	804.22
L25	296.27	323.82	374.89	280.42	677.45	525.67	386.04	400.46
L26	474.56	466.50	414.77	388.48	515.03	406.08	394.00	395.77
L27	539.20	447.94	488.90	523.41	561.27	495.43	513.33	593.25
L29	705.18	665.53	740.58	646.85	746.06	791.59	755.93	726.01
L30	1491.70	1401.85	1492.96	1473.54	1471.87	1593.52	1597.92	1525.07
L31	1324.54	1218.25	1271.41	1315.03	1200.52	1220.55	1207.91	1307.03
L32	799.07	904.33	958.92	849.11	920.09	944.40	864.56	872.61
L33	1045.56	1105.77	1020.02	989.83	1220.13	1181.14	1094.11	1160.95
L34	1462.41	1532.33	1529.78	1500.53	1600.22	1596.74	1584.56	1432.64
L35	288.83	309.91	303.61	282.71	345.61	350.56	328.54	330.74
L36	273.08	310.94	291.26	275.22	287.43	294.00	294.43	279.58

As fórmulas seguintes exemplificam os procedimentos utilizados para o cálculo da resistividade, respetivamente os quatro elétrons mais interiores (pa1, pa2, pa3, pa4) e os mais exteriores (pa5, pa6, pa7, pa8), tendo como referencia a amostra L1. A constante 500 que aparece nas fórmulas vem da divisão por dois do valor da amplitude (sendo amplitude, engloba no próprio valor um máximo e um mínimo) multiplicado por 1000 resultante da conversão de unidades, neste caso passar Volts para mVolts.

$$pa_{1,2,3,4} = \frac{a_1(\text{Volt})}{I(\text{mA})} * k$$

$$pa_{1,2,3,4} = 500 * \frac{11.02}{10} * 0.94$$

$$pa_{1,2,3,4} = 519.20 \text{ Ohm.m}$$

$$pa_{5,6,7,8} = 500 * \frac{9.76}{10} * 1.27$$

$$pa_{5,6,7,8} = 617.72 \text{ Ohm.m}$$

As Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 representam os valores das resistividades aparentes dos oito elétrodos sobrepostos na carta cartográfica local. O procedimento para a obtenção destes mapas encontra-se descrito no capítulo 3. De referir, no entanto, que para se criar a Grid File XYZ no software Surfer 8, X e Y dizem respeito às coordenadas cartográficas e o Z corresponde aos valores das resistividades calculadas anteriormente e apresentados no Quadro 4.4.

Através da Figura 4.2, 4.3 e 4.4 podemos concluir o seguinte:

- As anomalias que o dispositivo de Wenner e Schlumberger detetou são idênticas às obtidas com o protótipo desenvolvido, através de um tapete de borracha, embora neste caso as anomalias sejam maiores e mais nítidas.
- Desde pa1 a pa8 as anomalias representadas a vermelho mantêm-se. É curioso porque todos estes locais possuíam o solo bastante seco, daí as resistividades serem altas por muito que os contactos entre os elétrodos tenham sido humedecidos.
- No local L3, foi complicado injetar corrente e a consequência é uma resistividade alta superior a 1000 Ohm.m. Após realizada a sondagem de solo, verificou-se a 0.25m a existência de xistos. Um dos motivos para a resistividade estar a dar alta poderá ter a ver com a existência de xistos logo após 0.25m, o que indica a existência de um aterro pouco possante.
- A norte, os locais L33 e L15, situados no mesmo talude, também se verifica uma resistividade altíssima.

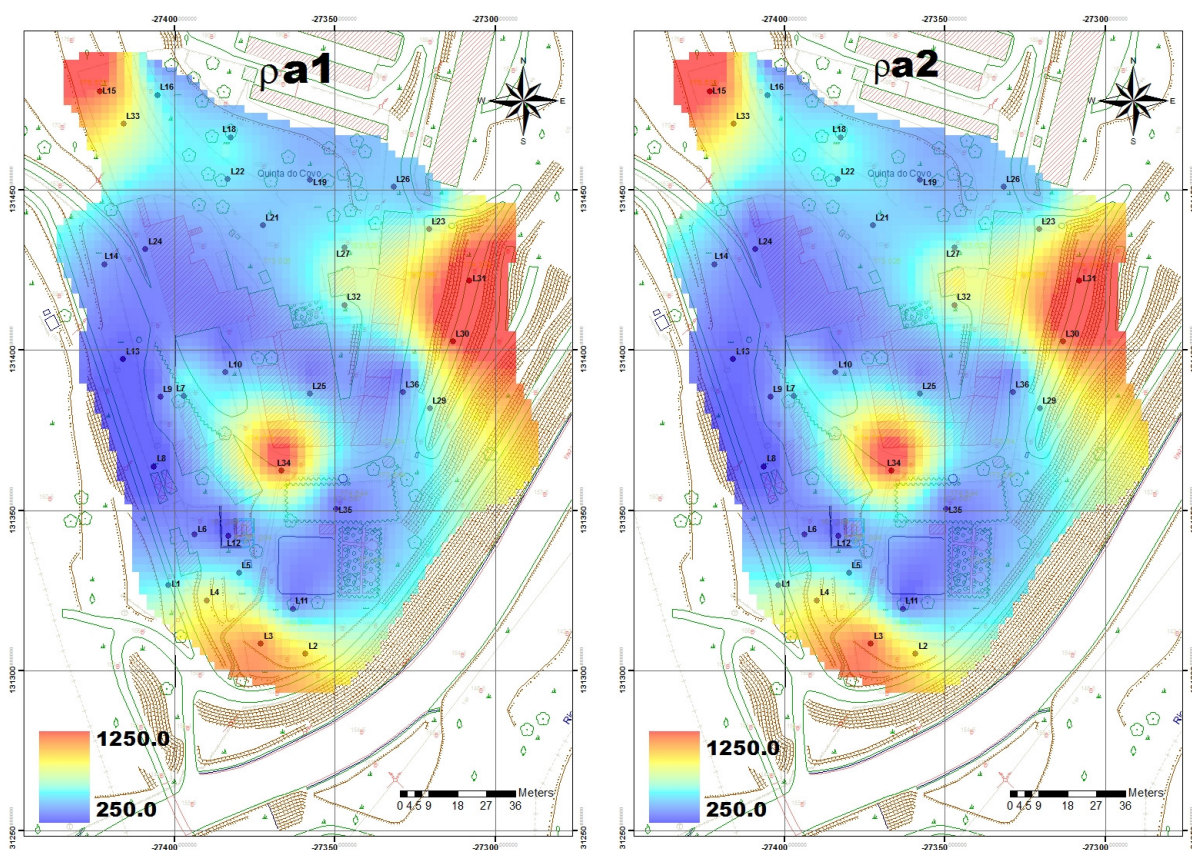
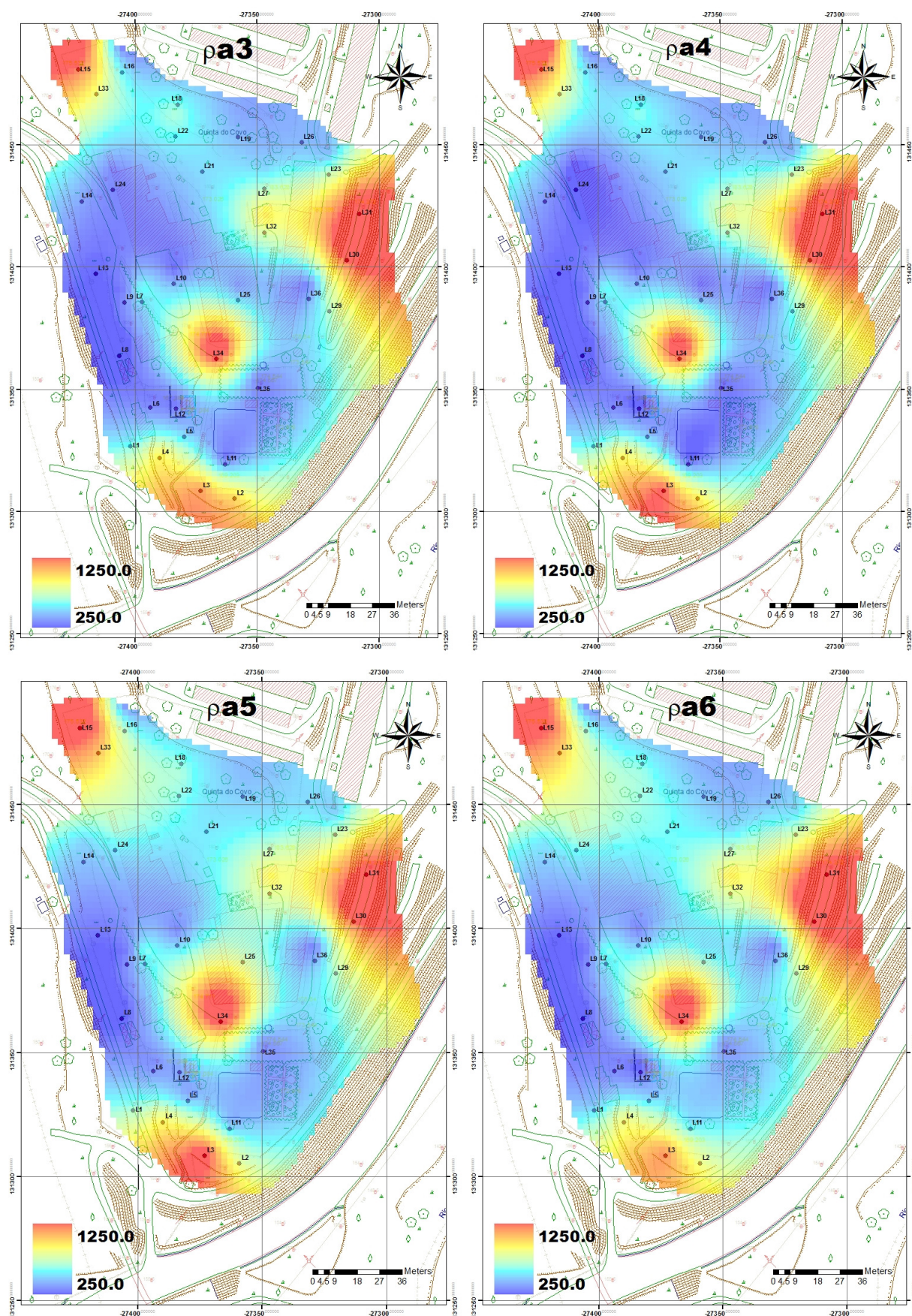


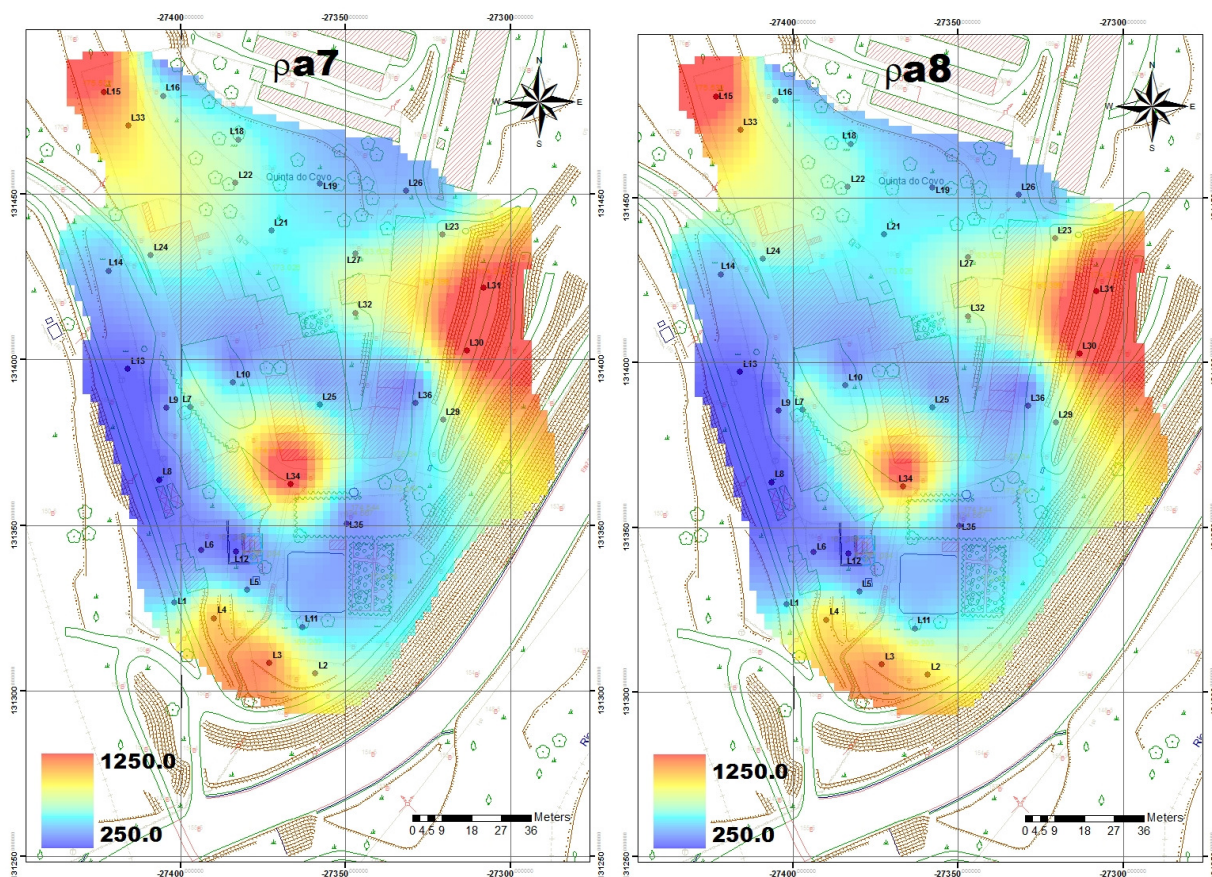
Figura 4.2 – Cartografia dos valores de resistividade pa1 e pa2 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m.





**Figura 4.3** - Cartografia dos valores de resistividade pa3, pa4, pa5 e pa6 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m.





**Figura 4.4** – Cartografia dos valores de resistividade pa7 e pa8 relativa à leitura dos 8 elétrodos em Ohm.m

- Onde se localiza a amostra L11, a resistividade obtida é muito baixa. Um dos motivos para que tal aconteça poderá ter a ver com o tanque de água que existe no patamar superior e como tal, as baixas resistividades poderão estar condicionadas pela água que o tanque liberta. Resistividade local evidenciando anisotropia.
- O local de amostragem L25, dentro do picadeiro interior, revela a existência de umas areias avermelhadas, onde em profundidade, observada através das sondagens, essa tonalidade começa a ser mais acentuada. A resistividade obtida neste local é baixa.
- A amostra L35, dentro do picadeiro exterior, revelou a existência de bastantes vidros aquando das sondagens realizadas para a geoquímica, onde uma nova cor foi encontrada, a cor preta, cor esta que ainda não se tinha encontrado à superfície.
- O local de amostragem L23 revelou também a existência de vidro em profundidade.
- O local de amostragem L34 revelou-se um local bastante resistivo como é observado pelas figuras 4.2, 4.3 e 4.4. Possivelmente está condicionado pela calçada existente neste espaço pelo que a resistividade terá aumentado.
- Os locais L14, L13, L8, situados todos no mesmo talude, têm todas resistividades abaixo dos 500 Ohm.m, e a resistividade decresce de L14 > L13 > L8. O solo junto aos galinheiros (L8) encontrava-se mais humedecido do que em L14 (início do talude) e por isso parece-nos que o motivo de decrescer tenha a ver com a água existente nesse local.
- Os locais L29, L30 e L31, zona da escombreira, à exceção do L29, a resistividade é altíssima acima dos 1200 Ohm.m. Uma razão poderá ser a existência de escombrelas ou o substrato de xisto próximo da superfície.

- O local L26 é um local muito heterogêneo e revela a existência de um aterro. Nesse local foi possível observar duas mós incorporadas num aterro.

### 4.3. Cálculo das variáveis

Como foi explicado no Capítulo 3.1.2.4 foram determinadas 14 variáveis como mostra o Quadro 4.5. O cálculo das variáveis geofísicas teve como objetivo estruturar a informação proveniente de múltiplos dispositivos.

**Quadro 4.5 - Cálculo das variáveis.**

Ref	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
L1	176.94	519.25	545.10	493.40	64.43	32.05	82.92	51.71	-337.22	0.08	0.06	128.84	1.15	0.07
L2	132.65	893.40	936.42	850.38	72.27	40.65	74.82	86.04	239.77	0.05	0.04	37.31	1.11	0.04
L3	147.86	1199.07	1185.26	1212.89	69.76	57.83	86.62	-27.64	0.00	0.04	0.03	127.25	1.13	0.03
L4	230.74	909.21	876.71	941.70	73.28	34.56	92.31	-64.99	-183.59	0.05	0.04	137.29	1.09	0.04
L5	114.28	432.21	460.95	403.48	45.19	39.91	31.14	57.47	-3.20	0.09	0.08	34.02	1.06	0.09
L6	42.46	306.33	302.32	310.34	12.15	13.80	10.53	-8.02	-102.73	0.13	0.13	136.36	1.01	0.13
L7	222.34	657.41	612.78	702.04	76.21	7.73	90.44	-89.26	-90.85	0.06	0.06	37.68	1.00	0.06
L8	56.16	188.06	169.74	206.39	25.20	5.36	23.60	-36.66	-40.90	0.26	0.18	134.37	1.20	0.21
L9	40.38	283.54	288.73	278.34	12.70	16.70	5.06	10.39	-73.14	0.14	0.13	124.82	1.03	0.14
L10	23.69	284.36	266.57	302.16	20.90	9.21	9.49	-35.58	-45.24	0.15	0.13	60.08	1.04	0.14
L11	35.22	363.97	254.11	473.82	123.19	37.27	42.95	-219.70	-48.93	0.21	0.06	40.92	1.82	0.12
L12	202.61	242.91	223.28	262.53	67.50	31.14	92.91	-39.25	-2.11	0.24	0.11	137.11	1.49	0.16
L13	19.09	272.44	259.77	285.12	14.71	2.19	8.45	-25.36	-192.08	0.15	0.14	137.35	1.04	0.15
L14	74.10	467.71	441.84	493.58	35.25	24.19	23.00	-51.74	-228.08	0.09	0.08	46.12	1.10	0.08
L15	204.82	1478.78	1505.84	1451.72	77.48	54.55	95.28	54.12	-154.94	0.06	0.05	56.93	1.07	0.05
L16	59.81	306.05	300.35	311.75	17.18	20.02	14.20	-11.39	-271.43	0.13	0.13	141.50	1.02	0.13
L18	65.96	474.41	449.86	498.97	39.11	22.13	38.36	-49.10	-46.56	0.10	0.07	135.24	1.21	0.08
L19	27.57	414.01	401.12	426.89	18.09	10.47	14.54	-25.77	-172.28	0.10	0.09	132.58	1.09	0.09
L21	97.50	538.57	510.82	566.32	40.50	24.92	33.97	-55.49	-271.43	0.16	0.14	51.62	1.06	0.15
L22	74.68	656.89	642.31	671.46	29.03	24.22	28.52	-29.16	-194.53	0.06	0.05	135.24	1.08	0.06
L23	73.33	458.54	437.07	480.01	30.70	20.28	23.63	-42.93	-324.97	0.09	0.08	110.92	1.06	0.09
L24	272.24	529.22	283.18	775.27	275.81	71.35	104.77	-492.08	83.35	0.18	0.04	139.12	2.14	0.09
L25	329.64	408.13	318.85	497.40	133.06	41.44	135.42	-178.55	-144.01	0.16	0.06	137.29	1.59	0.10
L26	156.25	431.90	436.08	427.72	47.08	41.34	58.45	8.36	65.60	0.05	0.04	140.91	1.13	0.04
L27	141.75	520.34	499.86	540.82	45.13	40.49	44.66	-40.96	-41.09	0.08	0.07	23.41	1.03	0.08
L29	77.46	722.21	689.53	754.90	47.89	41.83	27.45	-65.36	-240.14	0.06	0.05	14.18	1.04	0.05
L30	160.36	1506.05	1465.01	1547.10	65.37	43.03	60.23	-82.08	-431.65	0.03	0.03	29.72	1.03	0.03
L31	140.44	1258.15	1282.31	1234.00	52.18	48.57	49.38	48.30	-226.19	0.03	0.03	39.24	1.05	0.03
L32	191.93	889.14	877.86	900.42	53.06	69.05	38.21	-22.56	163.24	0.04	0.04	133.79	1.02	0.04
L33	174.31	1102.19	1040.29	1164.08	81.29	49.23	52.72	-123.79	-268.79	0.04	0.04	50.86	1.03	0.04
L34	180.90	1529.90	1506.26	1553.54	62.43	32.60	80.88	-47.28	227.33	0.03	0.02	132.74	1.07	0.03
L35	40.52	317.56	296.27	338.86	25.25	12.64	10.87	-42.60	-132.89	0.13	0.12	45.12	1.03	0.13
L36	43.17	288.24	287.63	288.86	12.37	17.53	6.97	-1.23	32.99	0.14	0.13	114.61	1.02	0.13

Valores de V1 (Índice de Simetria), V2 (Média Aritmética total), V3 (Média dos 4 elétrodo Interiores), V4 (Média dos 4 elétrodo Exteriores), V5 (Desvio Padrão Total), V6 (Desvio padrão dos 4 elétrodo Interiores), V7 (Desvio padrão dos 4 elétrodo Exteriores), V8 (V3(MI)-V4(ME)), V9 (p1-p3 (Diferença entre o Dispositivo Wenner e o Schlumberger)), V14 (MG (Média Geométrica)) expressos em Ohm.m; V10 (eixo maior da elipse (a)) e V11 (eixo menor da elipse (b)) expresso em Ohm; V12 (Ângulo expresso em graus) e V13 (Anisotropia) é Adimensional.

Através da observação da figura 4.5 a variável 1 representa o índice de simetria. As zonas representadas a azul-escuro estão mais próximos de zero, ou então são zonas pouco resistivas, pelo que se pode concluir que nestes locais o terreno é homogêneo, enquanto as zonas a vermelho, apresentam valores bastantes altos de resistividade pelo que estamos perante zonas heterogêneas.

As variáveis 2, 3, 4 (Figuras 4.5) representam os valores da média, em que estes mapas são iguais aos mapas apresentados anteriormente, usando o dispositivo pólo-pólo (tapete de



borracha). Não seria de esperar outra coisa em virtude de as médias terem sido feitas com os valores das resistividades desses mesmos locais.

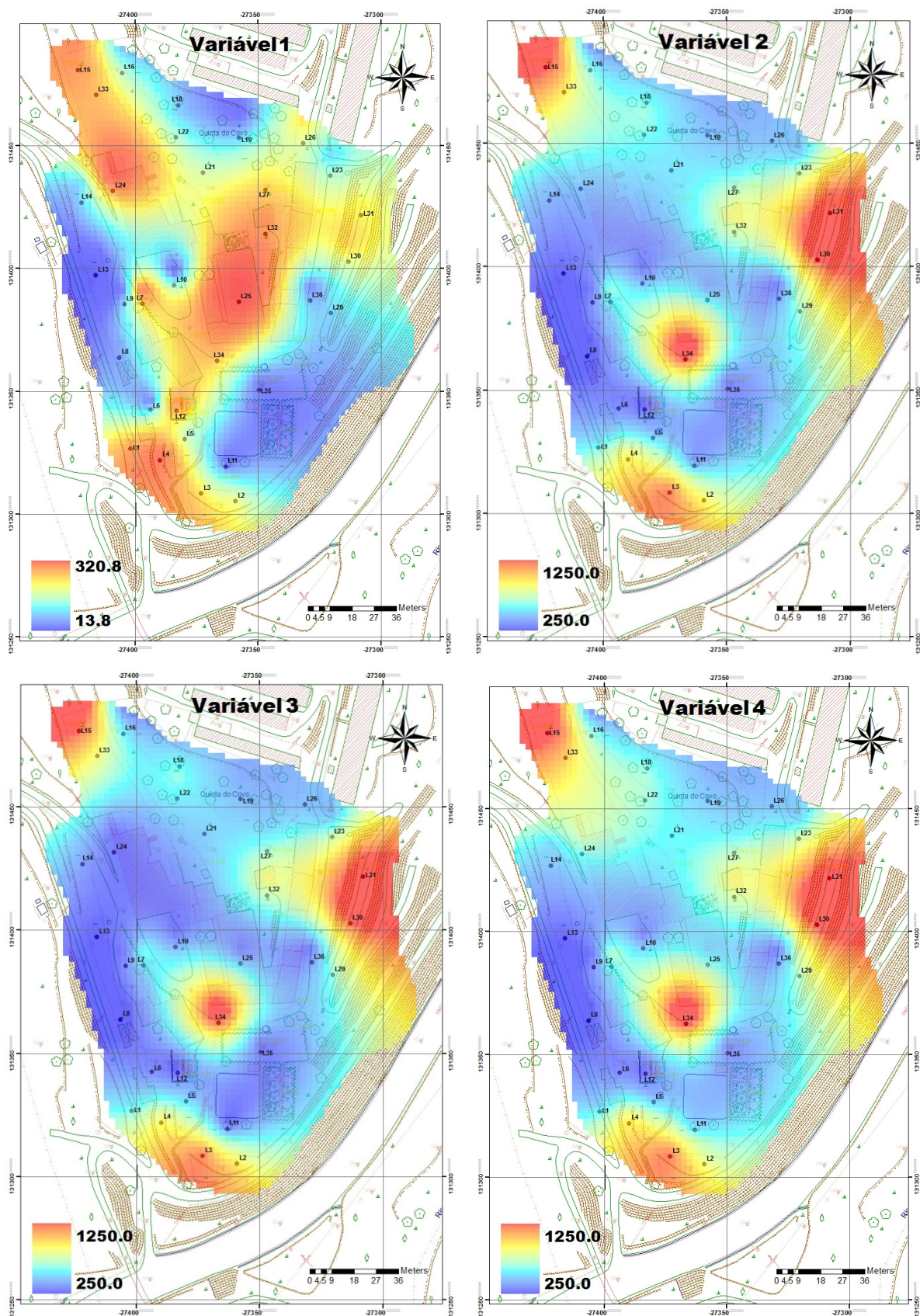


Figura 4.5 - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V1, V2, V3, V4 expressas em Ohm.m).



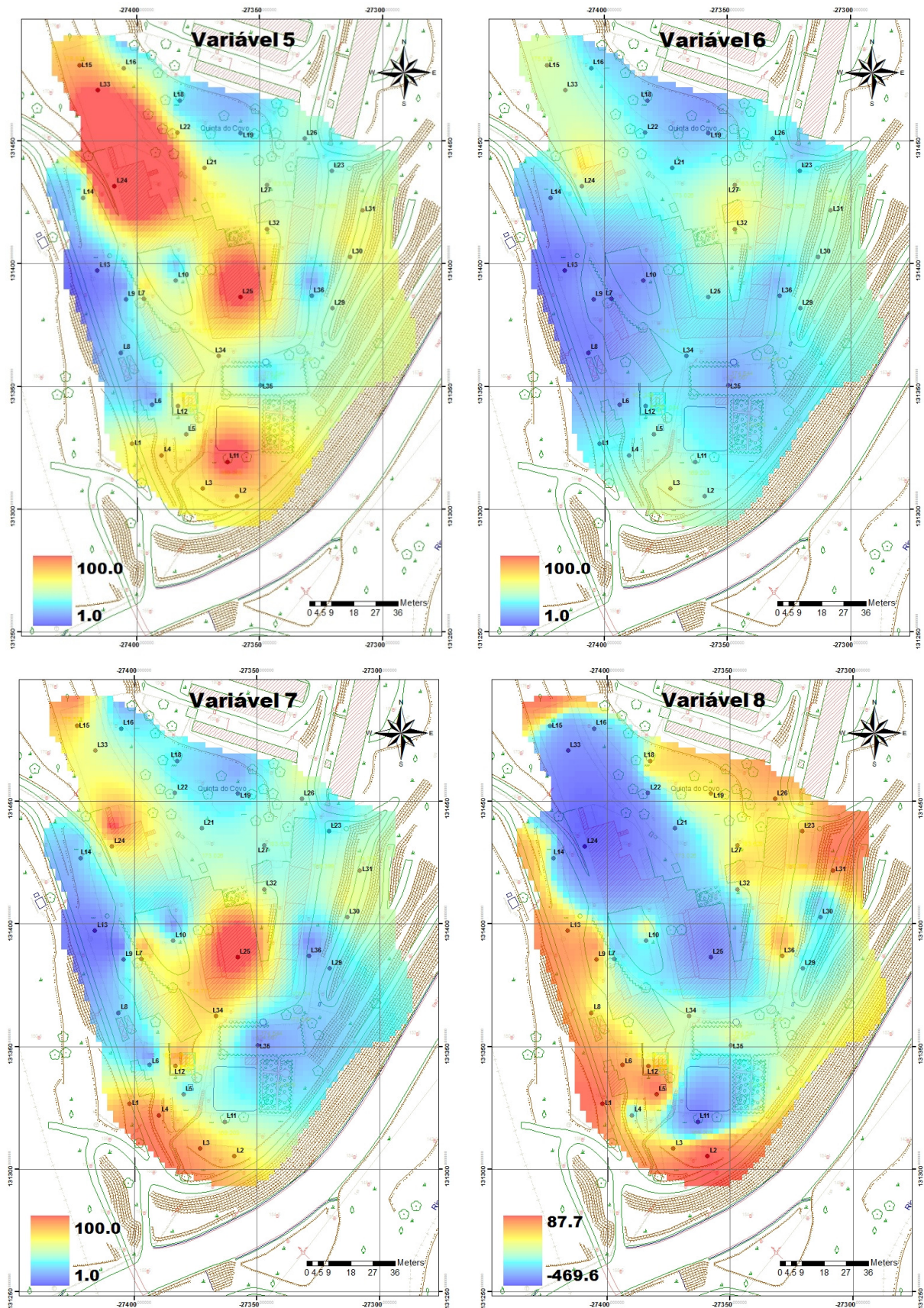
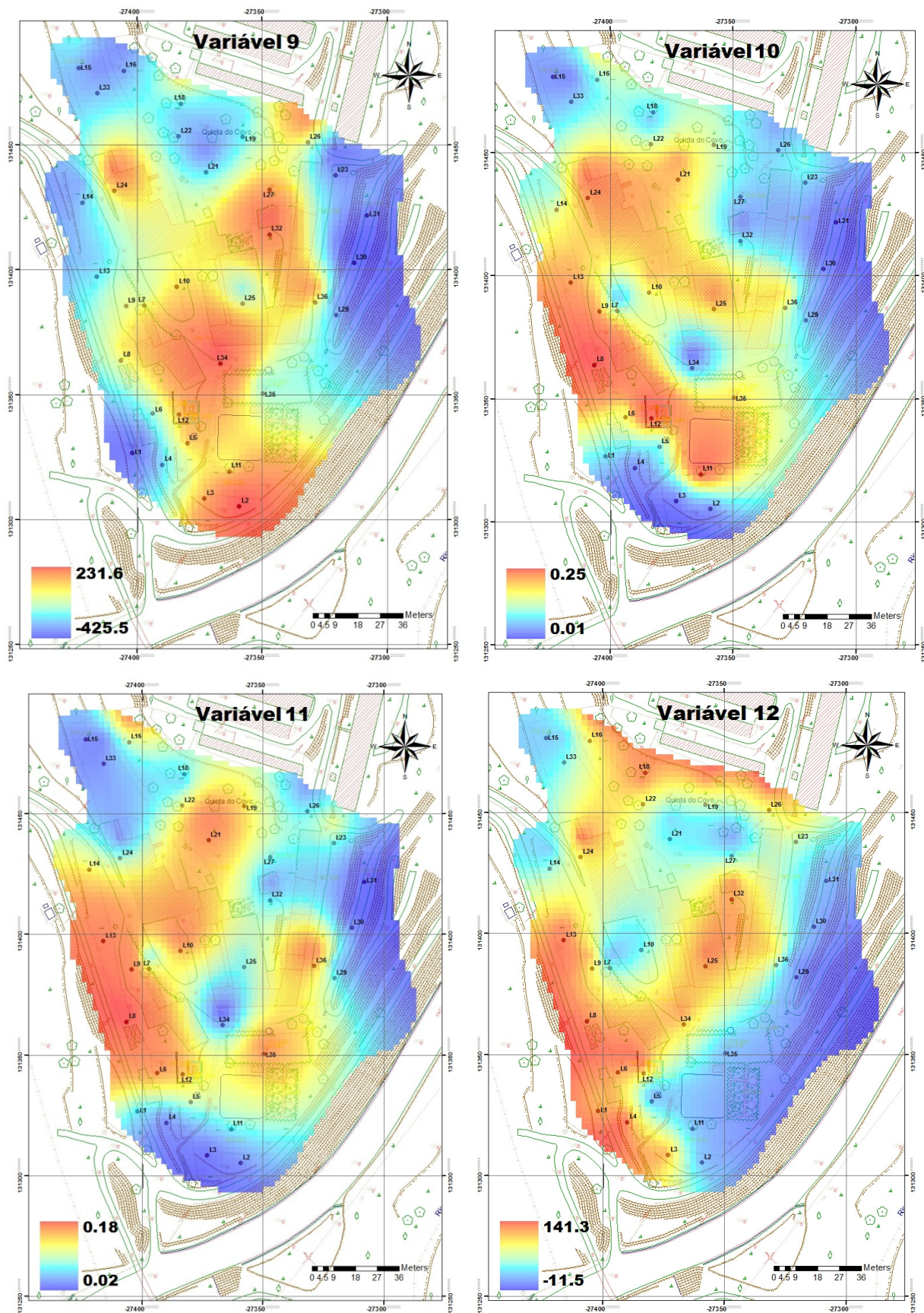


Figura 4.6 - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V5, V6, V7, V8 expressas em Ohm.m).

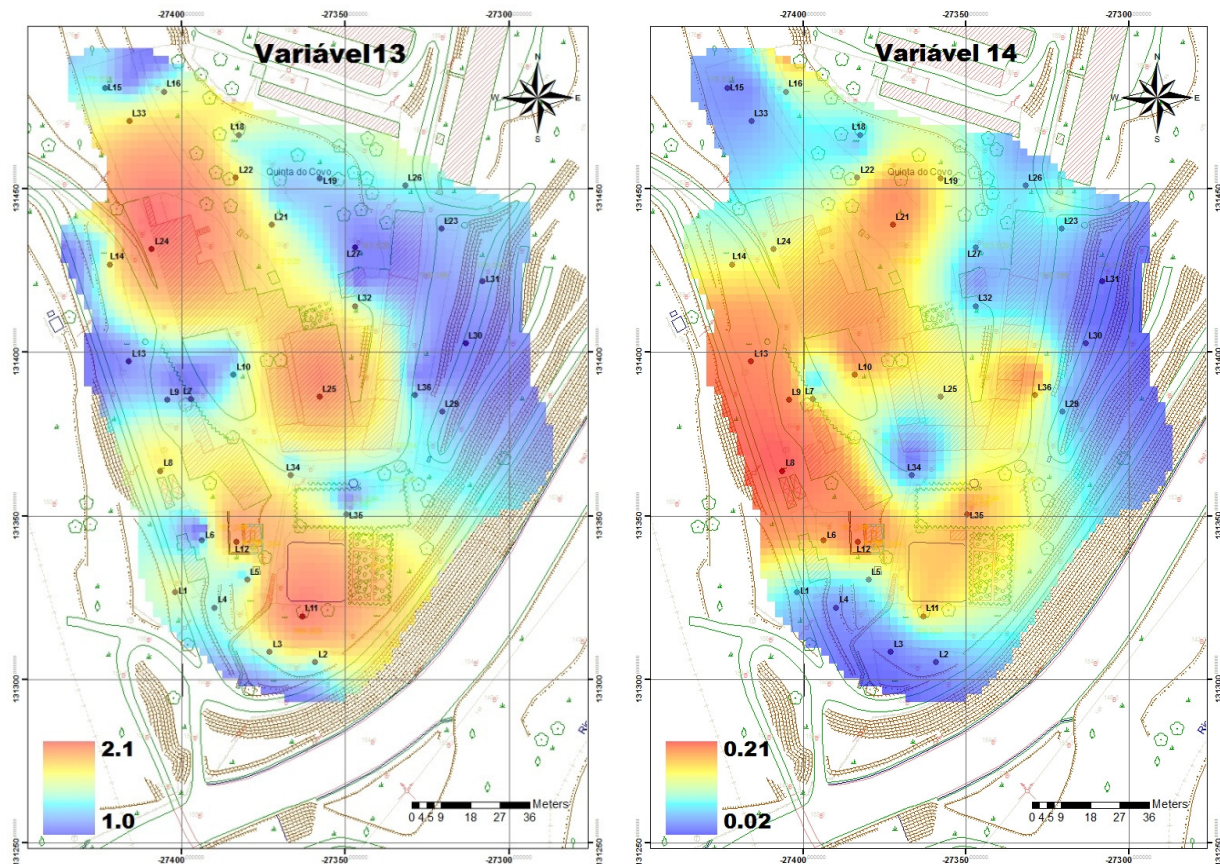
As variáveis 5,6,7 (Figuras 4.6) representam os valores do desvio padrão.





**Figura 4.7** – Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V9, expressas em Ohm.m e V10 e V11 em Ohm e V12 em graus).





**Figura 4.8** - Representação cartográfica das Variáveis Geofísicas (V13 Adimensional e V14 em Ohm.m).

A variável 8 (Figura 4.6) representa a diferença entre os valores da média dos elétrodos mais interiores com os valores da média dos elétrodos mais exteriores.

A variável 9 (Figura 4.7) corresponde à diferença entre a configuração Wenner e a configuração Schlumberger representando a variação em profundidade da resistividade.

As variáveis 10 a 14 (Figura 4.7 e 4.8) representam os parâmetros da anisotropia obtidos com o ajuste elíptico feito no software Matlab.

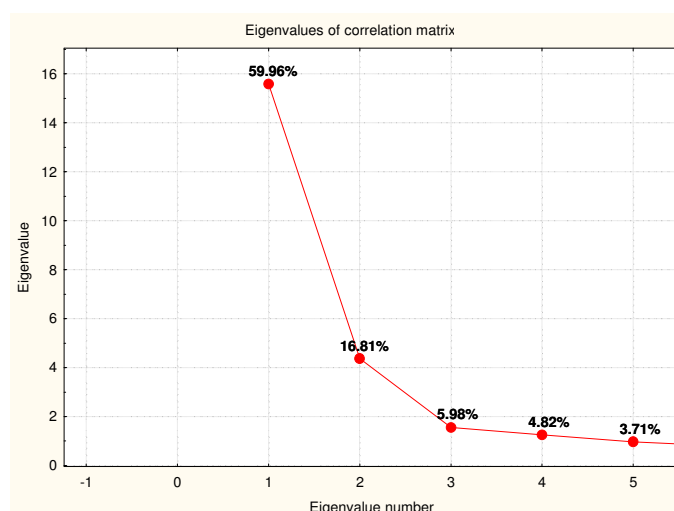
#### 4.4. Análise em Componentes Principais

A matriz de dados utilizada na análise multivariada era composta por 33 indivíduos e por 26 variáveis correspondentes aos valores da cota, das resistividades calculadas ( $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ ,  $pa_1$ ,  $pa_2$ ,  $pa_3$ ,  $a_4$ ,  $pa_5$ ,  $pa_6$ ,  $pa_7$ ,  $pa_8$ ) e das respectivas variáveis (Variável 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) que foram denotadas de V1 até V14. Os quadros 4.1, 4.4 e 4.5 englobam os valores das 26 variáveis que deram entrada no software *Statistica*, para posterior Análise de Componentes Principais. O Quadro 4.6 apresenta os valores próprios e a percentagem de variância explicada para cada um dos fatores fatoriais resultantes da Análise em Componentes Principais.

**Quadro 4.6** - Valores próprios, variância explicada de cada fator e variância acumulada.

	Valores próprios	Variância Explicada %	Variância Explicada Acumulada %
Fator 1	15.59	59.96	59.96
Fator 2	4.37	16.81	76.77
Fator 3	1.55	5.98	82.75
Fator 4	1.25	4.82	87.57
Fator 5	0.96	3.71	91.28

A figura 4.9 apresenta graficamente a variância explicada para cada fator.



**Figura 4.9** - Representação dos 5 primeiros fatores da análise de ACP.

O Quadro 4.7 apresenta os valores das coordenadas ativas nos 5 primeiros fatores. A retenção do número de fatores atendeu a um critério empírico na base dos valores próprios superiores a 1 (Davis, 1973, 1986), levando à detenção de 5 fatores.

**Quadro 4.7** - Coordenadas das 26 variáveis ativas nos 5 primeiros fatores.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cota	0,155	0,148	-0,283	0,828	0,002
p1	0,870	0,265	-0,228	0,031	0,088
p2	0,824	0,333	-0,368	0,016	0,135
p3	0,756	0,376	-0,490	-0,042	0,155
pa1	0,981	0,107	0,096	-0,089	-0,029
pa2	0,972	0,117	0,142	-0,090	0,022
pa3	0,979	0,088	0,126	-0,085	-0,003
pa4	0,966	0,149	0,137	-0,109	0,016
pa5	0,973	-0,099	0,063	-0,076	0,039
pa6	0,974	-0,062	0,005	-0,100	-0,070
pa7	0,965	-0,098	-0,001	-0,110	-0,035
pa8	0,979	-0,068	-0,004	-0,111	-0,075
V1 (IS)	0,507	-0,650	-0,034	0,042	0,352
V2 (MA)	0,987	0,018	0,072	-0,098	-0,017
V3 (MI)	0,977	0,116	0,126	-0,094	0,002
V4 (ME)	0,981	-0,082	0,016	-0,100	-0,036
V5 (DP)	0,236	-0,927	-0,209	-0,048	-0,105
V6 (DPI)	0,623	-0,544	0,032	0,225	-0,153
V7 (DPE)	0,484	-0,698	0,059	-0,087	0,312
V8 (MI-ME)	0,073	0,781	0,439	0,017	0,146
V9 (W-S)	-0,057	-0,388	0,755	0,174	-0,204
V10 (a)	-0,789	-0,309	-0,150	-0,342	0,034
V11 (b)	-0,811	0,341	-0,043	-0,316	0,079
V12 (Âng)	-0,289	-0,230	0,278	0,151	0,747
V13 (A)	-0,193	-0,909	-0,191	-0,061	-0,090
V14 (pm)	-0,858	0,065	-0,088	-0,354	0,077

Cor vermelha (coordenadas > 0.500); Cor azul (coordenadas < -0.500)

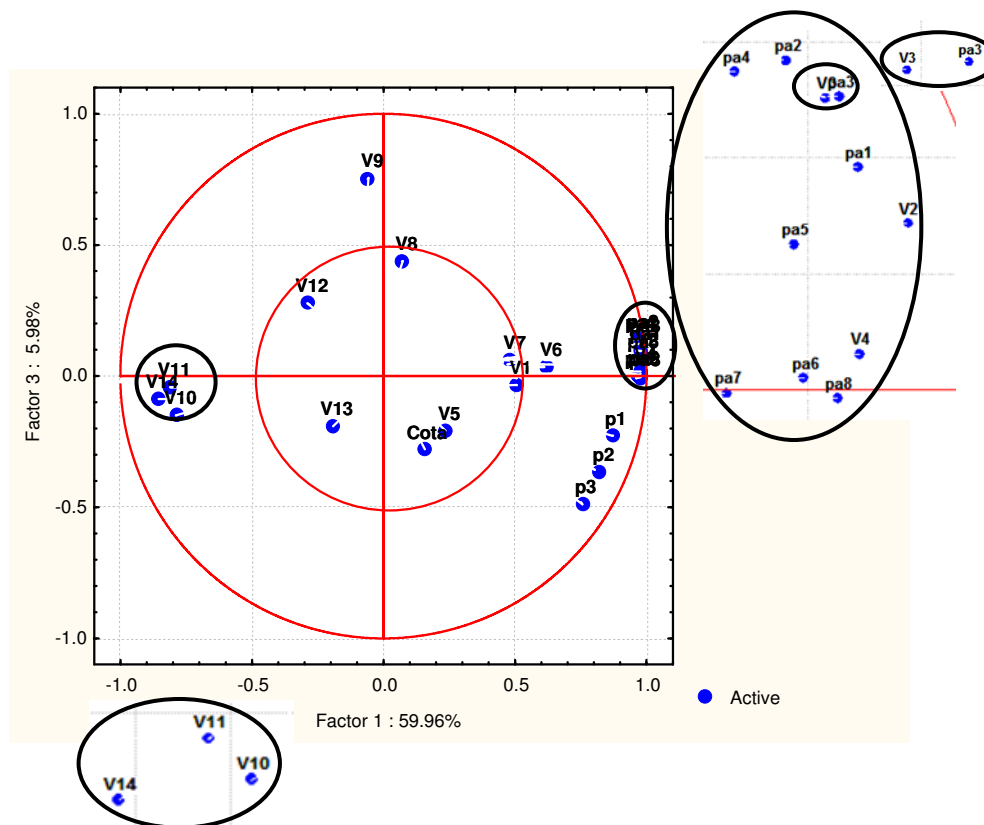
Considerando os cinco primeiros fatores, as variáveis com maiores valores de coordenadas superiores a  $|\geq 0.500|$  são:





positiva. Esta associação de variáveis parece-nos que esteja associada às características de homogeneidade, heterogeneidade e anisotropia do meio. De facto, se as medidas foram feitas numa zona onde podem coexistir materiais de diferente resistividade, por exemplo rochas e solo, no caso de um aterro, os valores obtidos com os 8 elétrodos devem refletir essa heterogeneidade. Por outro lado, a anisotropia obtida a partir do ajuste elíptico dos potenciais elétricos, deve refletir-se também no parâmetro desvio padrão, assim como, a heterogeneidade relacionada com o índice de simetria.

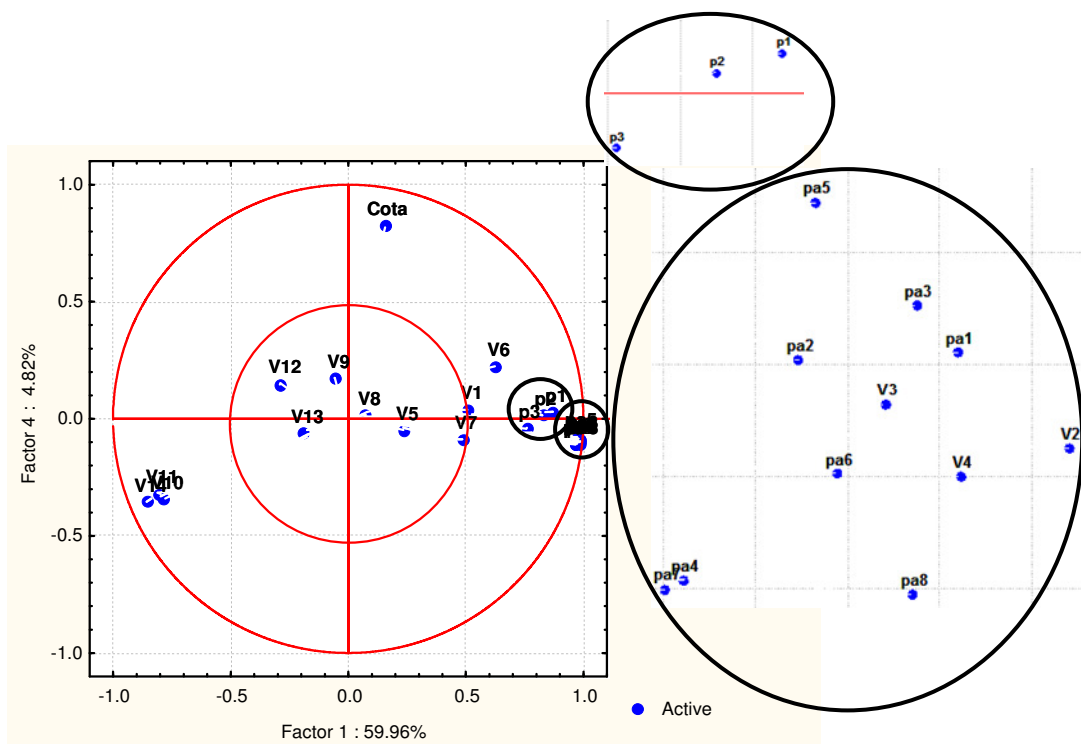
O segundo plano fatorial composto pelos fatores 1 e 3 (Figura 4.11) explica 65.94% da variância total. O fator 3 com uma variância de 5.98 explica a variável V9 com coordenada positiva.



**Figura 4.11** - Representação do 2º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 3).

A variável 9 explica a existência ou não de aterros. Dado que esta variável representa a diferença entre duas medidas com distâncias entre os elétrodos de corrente diferentes, no Wenner de 0.9m e no Schlumberger de 2.1m para a mesma distância entre os elétrodos de potencial (MN), podemos dizer que no segundo dispositivo a corrente atravessa o meio com maior profundidade relativamente ao primeiro dispositivo. Deste modo, a diferença entre as resistividades aparentes obtidas com os dois dispositivos podem indicar o aumento ou a diminuição da resistividade em profundidade. Várias situações podem ocorrer. No caso de a resistividade aumentar em profundidade podemos pensar num modelo de um substrato rochoso com uma pequena espessura de aterro. No caso de a resistividade diminuir em profundidade podemos ter uma situação de aterro possante cujo teor em água aumenta em profundidade. Será sempre possível propor outros modelos, mas estes dois foram considerados mais plausíveis para explicar o aumento ou a diminuição da resistividade em profundidade. Por outro lado se os valores se aproximarem de zero tendemos para a homogeneidade do terreno.

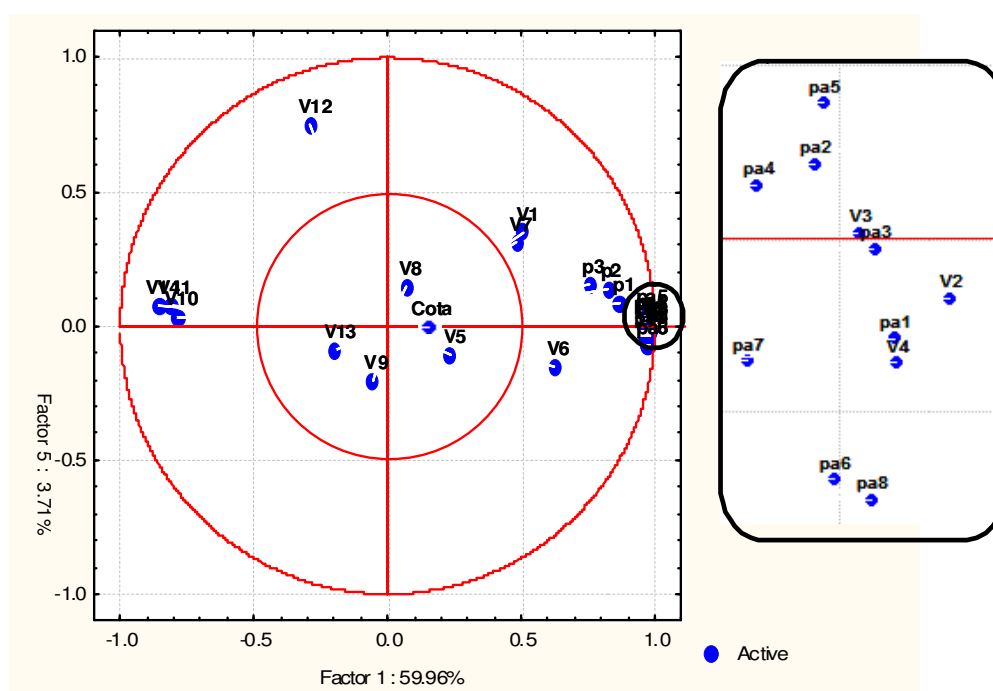
O terceiro plano fatorial composto pelos fatores 1 e 4 (Figura 4.12) tem uma representatividade idêntica à do anterior, com 64.78% de variância total.



**Figura 4.12** - Representação do 3º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 4).

O fator 4, com uma variância de 4.82%, explica a variável Cota com coordenada positiva. A cota não está associada a nada pelo que a conclusão a que chegamos, é que não interfere com as leituras feitas nem com as variáveis calculadas.

O quarto plano fatorial composto pelos fatores 1 e 5 (Figura 4.13) tem uma variância total de 63.67%.



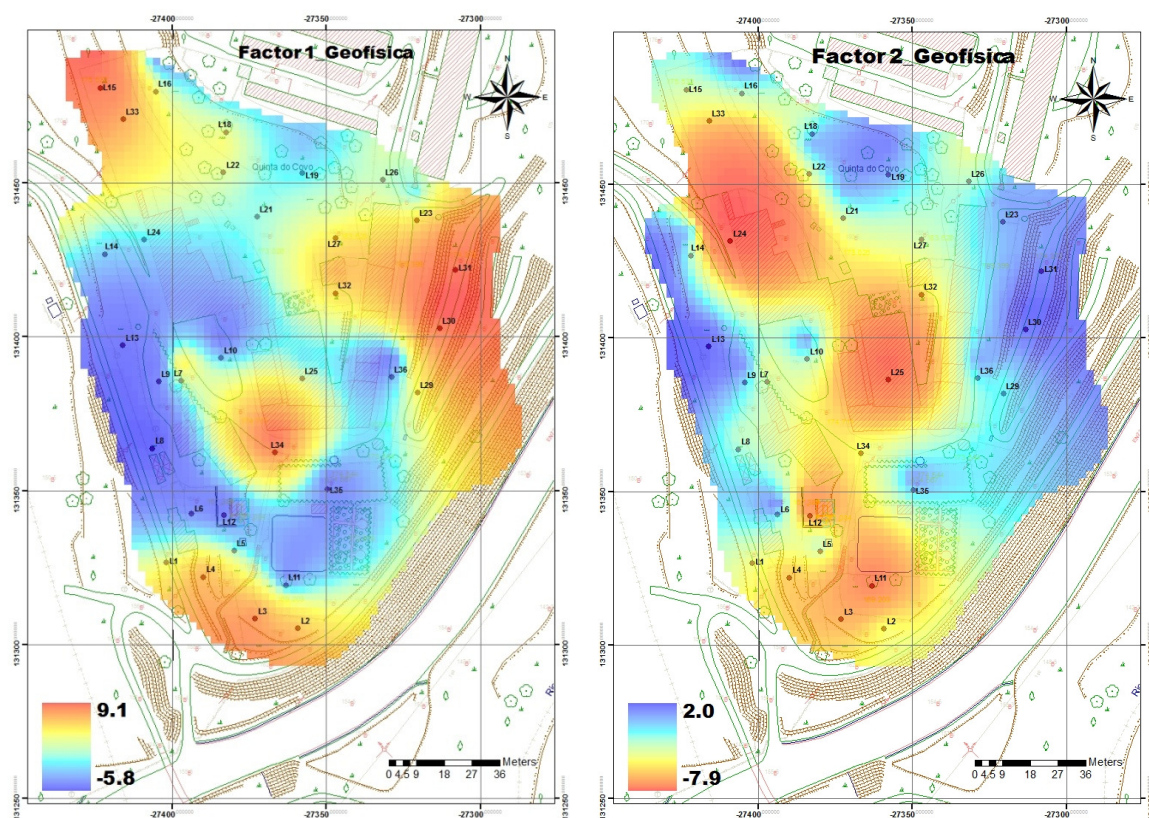
**Figura 4.13** - Representação do 4º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 5).

O fator 5, com uma variância de 3.71%, explica a variável V12, com coordenada positiva. A Variável 12 é o ângulo que não está ligado às outras variáveis. Refere-se que quando o meio é isotrópico, como no caso da homogeneidade espacial, o valor do ângulo estará ligado ao sistema de otimização constituindo um fator isolado; por outro lado se o ângulo depender da xistosidade, esse valor será sensivelmente constante constituindo também um fator isolado.

Uma vez identificadas e interpretadas as associações das variáveis procedeu-se à cartografia espacial das coordenadas das amostras para cada um dos fatores, permitindo visualizar a contribuição estimada de cada fator em cada amostra.

No anexo VII estão representadas as coordenadas das amostras nos sistemas de fatores, obtidas através do software *Statistica*. Este anexo serviu de base no software *Surfer 8*, para criar a Grid File XYZ. Os valores X e Y representam as coordenadas cartográficas e os valores Z são os fatores.

As figuras 4.14 e 4.15 apresentam a cartografia dos valores das amostras nos fatores 1, 2, 3, 4 e 5, respetivamente, permitindo visualizar a contribuição estimada de cada fator em cada amostra.

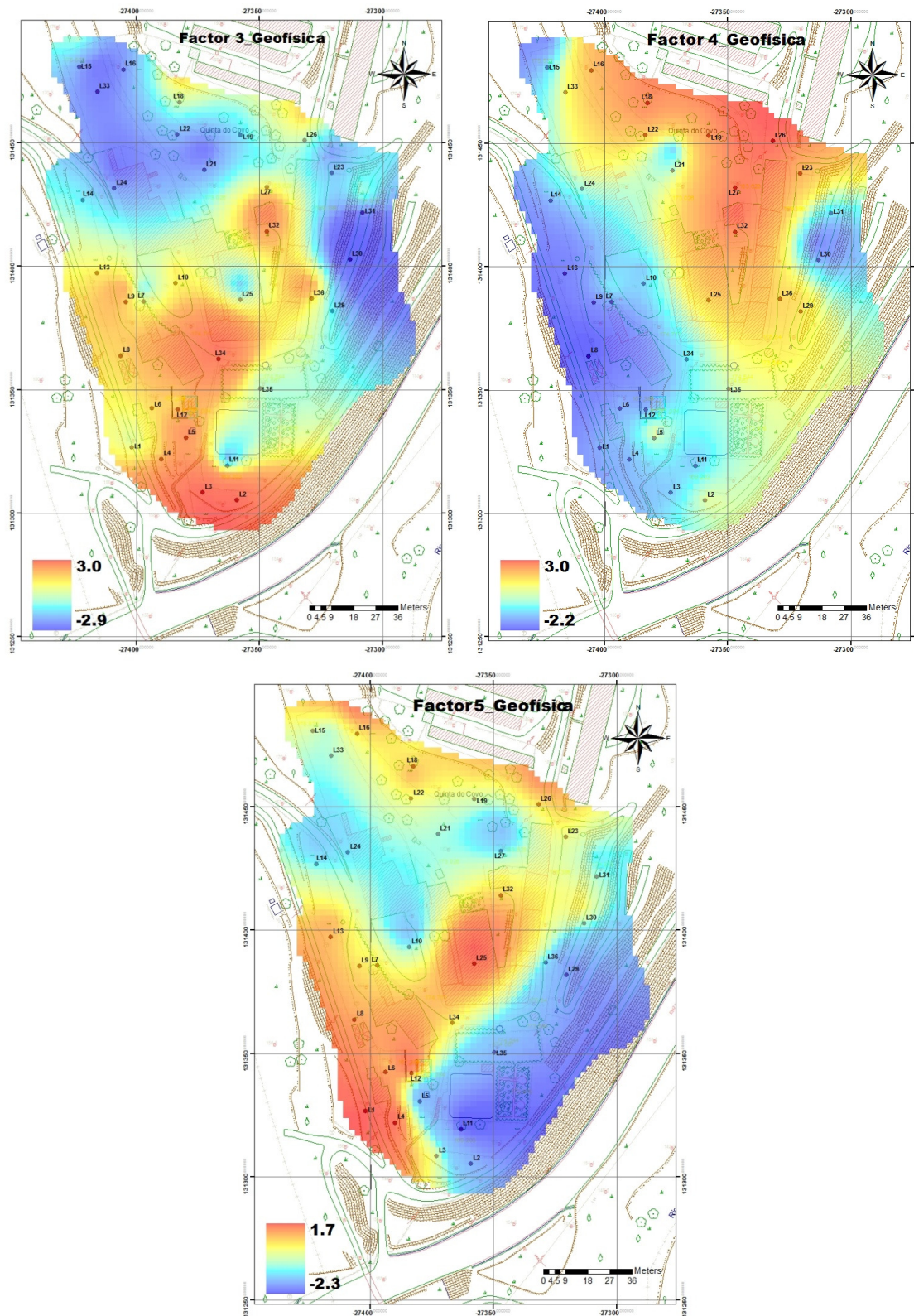


**Figura 4.14** - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 1 e 2.

Indicam-se por ordem decrescente de coordenada os elementos em cada fator F1 – [V2, V4, pa1, pa3, pa8, V3, pa6, pa5, pa2, pa4, pa7, p1, p2, p3, V6, V1 (valores positivos) e V14, V11; V10 (valores negativos); F2 – [V5, V13, V7, (V1), (V6) (valores negativos) e V8 (valores positivos)].

O fator 1 representa a distribuição espacial da resistividade, conforme se pode ver comparando com os mapas da resistividade.





**Figura 4.15** - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 3, 4 e 5.

Indicam-se por ordem decrescente de coordenada os elementos em cada fator F3 – [V9 (valores positivos)]; F4 – [Cota (valores positivos)], [F5 - V12 (valores positivos)].

Relativamente às relações descritas pelo fator 2, verifica-se que o V1 (índice de simetria) é elevado nos locais onde a variável 13 (Anisotropia) também o é. Se a anisotropia estimada a

partir das oito medidas radiais e azimutais fosse elevada e provocada pela presença dos xistos, o valor da simetria seria baixo. Por esse modo, pode concluir-se que o parâmetro da anisotropia foi influenciado pela heterogeneidade resultante de variações laterais de resistividade características de aterros constituídos por elementos de constituição variada (solo, rocha, vidros ou fragmentos de tijolos). Também é de realçar que o desvio padrão obtido em termos azimutais e radiais, também revela essa heterogeneidade. Este fator evidencia a zona dos aterros heterogêneos de constituição variada em termos de resistividade.

O fator 3 está relacionado com a Variável 9, que evidencia a diminuição da resistividade em profundidade nos aterros, devido provavelmente à incorporação da água nos mesmos. Sabe-se que há um tanque que recebe água de uma mina situada no Bustelo que em tempos servia para tocar o engenho hidráulico de moagem. Deste modo é possível que haja um escoamento de água subterrâneo associado ao transporte de água evidenciado por este fator.

O fator 4 representa a topografia do terreno. Dos valores azuis para os vermelhos a cota aumenta.

O fator 5, dado que a anisotropia parece ser falsa, provocada por heterogeneidade no parâmetro resistividade, o ângulo não parece ter um comportamento espacial explicável pelo que consideramos que a distribuição deste fator é aleatória.

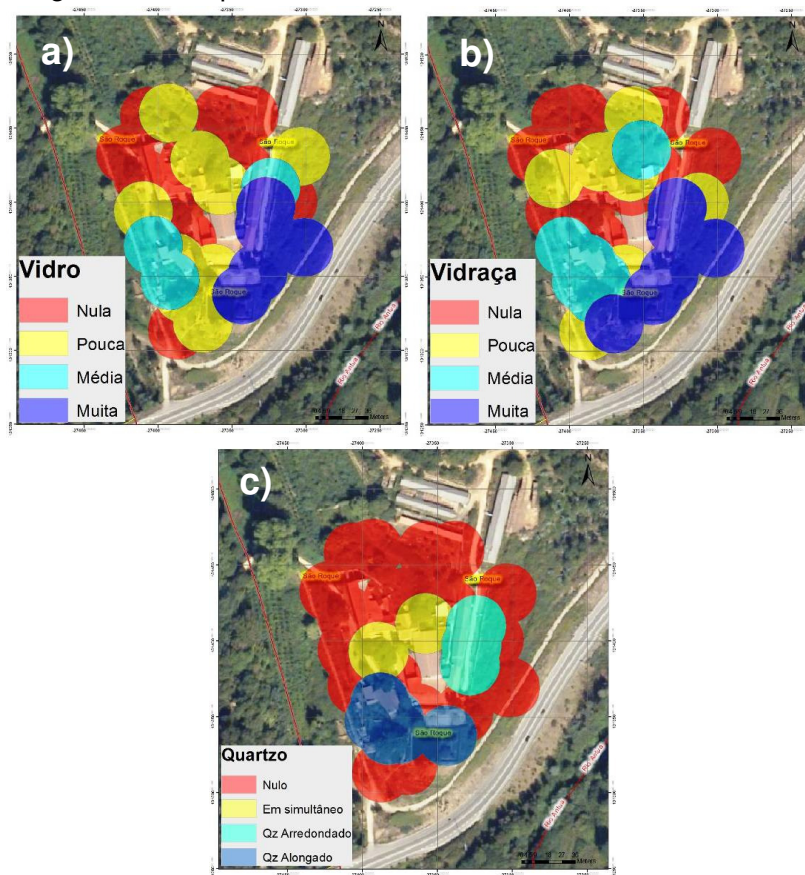


## 5. Análise de dados mineralógicos e geoquímicos

### 5.1. Amostras de vidros e vidraças

Durante a campanha de amostragem e de tratamento das amostras de solo foi possível efetuar a recolha, nas frações granulométricas mais grosseiras, de fragmentos de vidros e vidraças de diferentes cores assim como de dois tipos de quartzo. Estas amostras foram posteriormente analisadas por ICP-MS e por SEM.

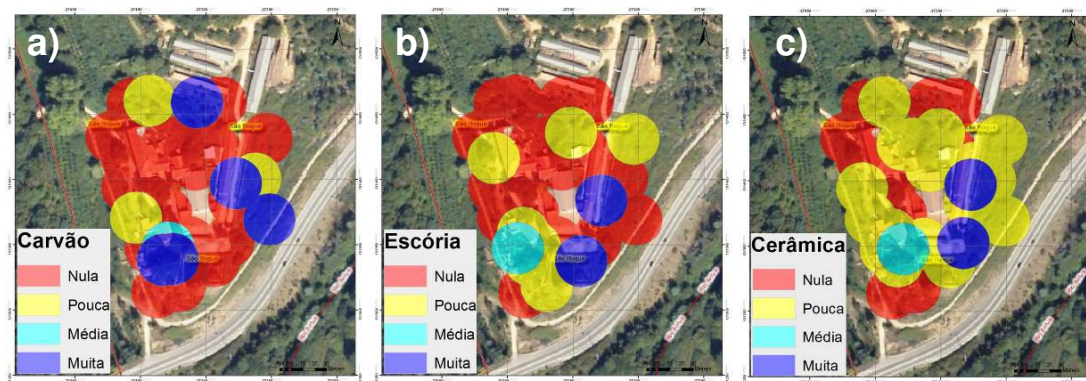
Na figura 5.1a e 5.1b pode-se observar o modo como se distribuem os fragmentos de vidro, vidraça quanto à sua incidência. Tanto um como o outro estão dispostos em maior quantidade (a azul escuro) a SE da casa de habitação atual (Garcia, 2009). De nula a muita a composição varia de 0 até 10 fragmentos, respetivamente.



**Figura 5.1** - Distribuição do vidro (a), da vidraça (b) e do quartzo (Qz - representado em termos de tipo de material encontrado). Figuras extraídas de Garcia (2009) com projeção no datum73 Hayford Gauss IPCC.

Em relação ao tipo de quartzo (Figura 5.1c), podem ser perfeitamente diferenciadas quatro zonas, correspondente a material de forma alongada (a azul escuro), material de forma arredondada (a azul claro), onde foram encontrados em simultâneo (a amarelo) e uma zona onde não se registou nenhum destes tipos (a vermelho). Na zona a S da casa de habitação (a azul escuro), foi onde se encontrou uma maior concentração de diferentes dimensões das partículas de quartzo (Garcia, 2009).

Tanto na distribuição da escória como no carvão e na cerâmica (Figura 5.2) quer esta ocorrência seja média ou muita, conseguem-se apontar duas zonas preferenciais: (a) uma na vertente W do esporão, concordante com as representações espaciais das diferentes granulometrias e dos tipos de quartzo; (b) outra a E do esporão, que coincide com as distribuições referentes ao vidro e à vidraça (Garcia, 2009).



**Figura 5.2** - Distribuição do carvão (a), da escória (b) e da cerâmica (c). Figuras extraídas de Garcia (2009).

Foram realizadas análises químicas dos fragmentos do vidro e da vidraça de forma a apoiar a interpretação geoquímica da campanha de solos. A par dos resultados foi também consultada informação histórica disponível nas Informações para a *Estatística Industrial publicadas pela Repartição de Pesos e Medidas – Distrito de Aveiro, Lisboa, Imprensa Nacional de 1867* de forma a perceber qual os materiais usados na época para a produção do vidro e consequentemente importante para a composição do vidro, da vidraça e do cristal.

De acordo com os dados históricos, no século XV surgiram os primeiros testemunhos da existência da indústria vidreira em Portugal. De acordo com alguns dos testemunhos, na época utilizavam no fabrico do vidro " .. uma dita erva maçacote, que crescia em algumas ilhas e no litoral do Algarve; muitos estrangeiros vinham colher e levavam para as suas terras e quando os nossos a procuravam, para fazerem o vidro, já não a encontravam". Erva essa, que depois também foi denominada de erva barrilheira, dela extraíndo, por incineração, o carbonato de soda impuro ou soda natural.

Neste documento várias são as designações pouco frequentes e que importa aqui clarificar de forma a ajudar na interpretação dos resultados:

**Barrilha:** substância alcalina ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), de cor branca, em forma de pó (barrilha leve) ou grão (barrilha densa), sem cheiro. Produto resultante da queima dessas plantas e também de algas marinhas, contendo basicamente carbonato e sulfato de sódio, destinado à fabricação de sabão e vidro.

**Mínio:** Nome vulgar do óxido natural de chumbo, também conhecido como vermelho-cinábrio ou zarcão. O tetróxido de chumbo, também conhecido como mínio ou zarcão, é um composto químico de fórmula ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ). Dissolvido no óleo, o mínio dá uma mistura que é utilizada para proteger o ferro da destruição pela ferrugem. Mínio nativo, o chumbo carbonatado dos mineralogistas.

**Nitro:** É a fórmula mineral do nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) também conhecido por salitre. De acordo com informação histórica é adicionado conjuntamente com nitrato de sódio, carbonato de sódio e de potássio.

**Púrpura de Cassius:** É uma mistura de ácido estânico e ouro coloidal que se prepara lançando estanho numa solução de cloreto de ouro. Dá cores púrpuras, avermelhados e rosas. Pigmento nanoparticulado púrpura de Cassius obtido pela redução de um sal de ouro usando cloreto de titânio. Obtido pelo Físico Andreas Cassius morto em 1673.

**Safre:** Safra, com origem no francês safre, é um pó amarelado de um óxido de cobalto, empregue no fabrico do vidro azul.

O Quadro 5.1 apresenta os resultados das análises químicas dos fragmentos de vidros e de duas amostras de quartzo para comparação.

**Quadro 5.1** - Análises químicas dos fragmentos de vidros por ICP-MS.

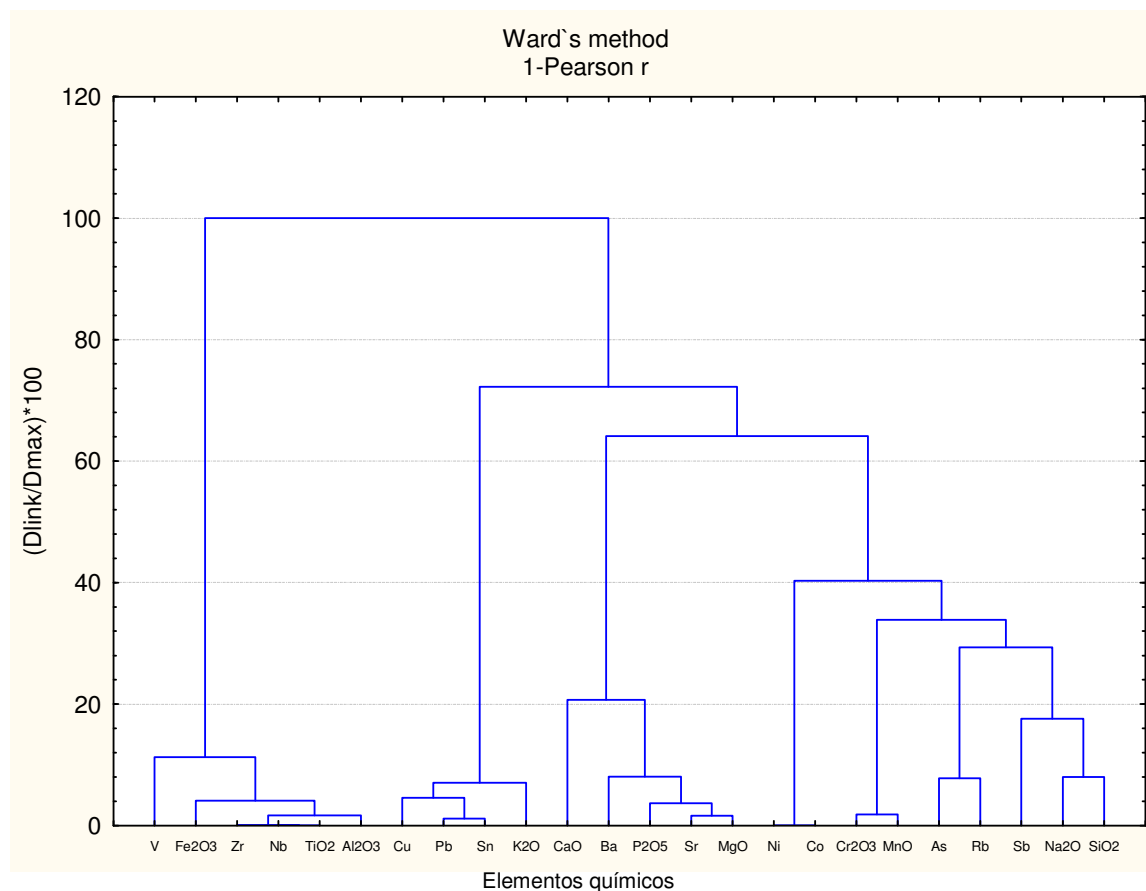
	C1-33 Vd	C3-44 Vd	C3-45 Vd	C3-48 Vd	C1-34 Az	C1-36 Az	C3-36 Azc	C3-40 Azc	C3-41 Az	C3-42 Aze	C3-49 Azc
SiO <sub>2</sub>	70.76	65.11	70.77	60.63	69.50	68.39	65.58	67.44	73.52	70.15	71.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.68	14.39	5.60	8.51	3.13	2.08	3.74	2.53	2.63	1.81	2.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0.78</b>	<b>0.98</b>	<b>0.55</b>	<b>0.74</b>	0.22	0.41	0.12	0.24	0.23	0.28	0.13
MgO	0.29	0.33	0.23	0.62	0.13	2.43	0.03	0.10	0.16	0.83	0.17
CaO	5.53	2.43	7.38	26.43	7.55	10.52	0.25	12.71	5.39	8.34	5.65
Na <sub>2</sub> O	9.91	13.08	13.44	2.16	17.30	9.91	9.51	15.36	15.20	15.92	17.88
K <sub>2</sub> O	1.54	2.05	1.31	0.23	1.15	4.69	7.14	1.08	1.33	1.56	1.36
TiO <sub>2</sub>	<b>0.58</b>	<b>1.19</b>	<b>0.34</b>	<b>0.26</b>	0.13	0.08	0.02	0.08	0.06	0.05	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.03	0.09	0.04	0.24	0.06	0.02	0.03	0.08	0.03
MnO	0.04	0.02	0.08	0.02	0.10	0.04	0.01	0.08	0.14	0.06	0.03
As	1.0	2.2	2.6	<0.5	2.1	<b>13.9</b>	0.8	4.2	<b>5.2</b>	<b>23.1</b>	2.7
Au	<0.5	1.6	1.5	<0.5	1.2	0.7	<0.5	0.6	0.9	1.6	2.4
Ba	218	233	177	109	148	1170	37	142	288	180	186
Co	<b>6.4</b>	<b>6.7</b>	<b>1.9</b>	<b>2.9</b>	0.6	1.5	1.0	1.2	<b>11.7</b>	<b>1312.2</b>	0.5
Cs	5.0	3.9	2.6	1.3	1.6	0.9	1.0	1.1	1.3	0.8	1.2
Cu	0.5	0.3	<0.1	<0.1	0.9	0.8	<b>121.1</b>	0.7	<b>59.3</b>	3.7	<0.1
Ga	10.0	15.6	6.4	11.6	3.2	2.7	2.3	2.4	2.7	1.8	2.2
Nb	12.6	24.7	7.5	6.2	2.7	1.8	1.0	1.7	1.5	1.2	0.7
Ni	<0.1	<b>0.4</b>	0.1	0.2	<0.1	0.3	0.1	<0.1	0.1	<b>7.4</b>	<0.1
Pb	0.5	<b>5.0</b>	0.5	<0.1	1.3	<b>92.6</b>	<b>1184.3</b>	1.1	1.5	<b>69.4</b>	<0.1
Rb	79.2	87.2	54.0	9.1	42.1	49.6	23.3	37.8	46.7	24.9	43.5
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.0	0.4	<0.1	<0.1	0.9	<0.1
Sn	5	4	6	8	<1	9	<b>1770</b>	2	7	5	<1
Sr	163.6	223.8	126.1	447.4	113.6	705.6	11.8	63.7	83.6	186.8	81.5
Th	6.3	9.1	3.8	6.3	2.2	1.7	0.6	1.6	1.4	1.2	1.1
U	2.4	3.3	1.5	2.6	0.8	0.8	20.0	0.6	0.9	6.1	0.5
V	<b>42</b>	<b>71</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<8	8	<8	<8	<8	<8	<8
W	0.9	0.9	0.7	<b>11.1</b>	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Y	13.2	21.1	7.4	9.1	4.0	3.2	0.9	3.0	2.8	2.9	2.4
Zr	139.3	254.3	81.7	64.0	39.2	35.6	5.8	29.5	25.7	23.1	18.6

	C1-35 Inc	C1-37 Inc	C3-47 Inc	C3-43 BrL	C3-46 BrL	C3-37 Rs	C3-38 Am	C3-39 Pr	C1-38 Qz	C1-39 Qz
SiO <sub>2</sub>	70.54	70.14	72.30	76.87	73.57	72.82	68.10	70.60	<b>97.95</b>	<b>98.00</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.61	2.42	2.06	4.29	2.31	2.64	3.00	3.17	1.23	1.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	<b>0.28</b>	0.07	0.15	0.18	0.13	<b>0.23</b>	<b>0.55</b>	0.13	0.12
MgO	0.09	0.11	0.14	0.05	0.25	0.14	0.19	0.25	0.01	<0.01
CaO	4.60	7.59	5.00	4.74	5.61	3.75	10.77	5.75	<0.01	<0.01
Na <sub>2</sub> O	13.01	17.62	18.36	11.87	16.35	18.07	15.87	15.86	0.02	0.04
K <sub>2</sub> O	5.20	1.13	1.03	0.84	1.11	1.32	1.31	1.43	0.10	0.09
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04	0.06	0.08	0.01	<0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	<0.01	0.02	0.11	0.04	0.03	0.03	0.02	<0.01	0.01
MnO	0.17	0.11	0.31	0.06	0.07	0.41	0.02	<b>1.17</b>	<0.01	<0.01
As	<b>5.8</b>	4.2	4.3	<b>201.5</b>	1.3	4.3	<b>6.2</b>	<b>4.6</b>	1.0	<0.5
Au	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Ba	262	158	437	198	196	570	163	501	11	10
Co	2.2	1.1	<b>3.6</b>	<b>4.1</b>	0.9	<b>4.2</b>	1.1	4.4	0.9	0.8
Cs	0.9	1.4	0.9	2.4	1.0	1.3	1.7	1.7	0.7	0.6
Cu	0.9	1.2	0.7	0.2	0.2	0.3	2.9	<b>46.4</b>	0.6	1.1
Ga	1.9	5.8	2.4	4.1	2.1	2.7	3.2	5.0	4.9	3.3
Nb	0.7	1.1	0.6	1.7	1.0	0.8	1.4	1.9	0.5	0.3
Ni	<0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.3	0.1	<0.1	<0.1
Pb	<b>380.6</b>	3.1	0.7	<b>191.0</b>	0.1	0.7	<b>16.9</b>	<b>32.3</b>	1.6	14.3
Rb	37.5	44.0	34.4	105.1	38.0	45.2	45.6	47.7	8.8	7.0
Sb	2.0	0.1	1.7	<0.1	1.2	1.3	<0.1	0.5	<0.1	<0.1
Sn	4	<1	<1	1	1	<1	4	13	<1	<1
Sr	57.1	105.1	67.4	18.3	72.8	62.9	92.4	128.6	2.7	4.4
Th	0.8	1.3	1.0	0.9	1.3	1.4	1.8	1.4	0.7	0.2
U	2.4	0.5	0.5	0.8	0.5	0.6	0.8	0.8	0.2	0.2
V	<8	<b>86</b>	<8	<8	<8	8	9	14	68	55
W	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Y	1.8	3.0	2.1	6.6	2.6	2.7	3.0	4.7	1.3	0.7
Zr	13.0	24.2	13.5	11.2	26.1	19.7	23.3	29.4	4.7	2.3

Vd – verde; Az – azul; Azc – azul claro; Aze – azul escuro; Azp – azul porcelana; Inc – incolor; BrL – branco leitoso; Rs – rosa; Am – amarela; Pr – preta; Qz – quartzo.

Em virtude de o número de variáveis ser superior ao número de indivíduos (amostras) houve necessidade utilizar a Classificação Hierárquica em Modo R (variáveis - Figura 5.3) e Modo Q (amostras - Figura 5.4) para identificar as diferentes associações de variáveis.



**Figura 5.3** - Dendrograma resultante da aplicação da classificação hierárquica “Cluster Analysis – Modo R” aos resultados das análises químicas dos fragmentos de vidros.

Relativamente às variáveis (Figura 5.3) foi possível identificar quatro grandes clusters:

Cluster 1 - constituído pelas variáveis V, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zr, Nb, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

Cluster 2 – constituído pelas variáveis Cu, Pb, Sn, K<sub>2</sub>O;

Cluster 3 - constituído pelas variáveis CaO, Ba, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sr, MgO;

Cluster 4 – constituído pelas variáveis Co, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, As, Rb, Sb, Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>

De acordo com a informação disponibilizada no documento “*Estatística Industrial publicadas pela Repartição de Pesos e Medidas – Distrito de Aveiro, Lisboa, Imprensa Nacional de 1867*” para o fabrico da vidraça branca seria necessário quartzo em pó, soda, casco de vidro em pó, As, Mn e cal fina. Para o vidro para garrafas seria usado casco de vidro em pó, cinzas e restos de massa de vidros que elas contêm e barrilha. No cristal branco era necessário utilizar quartzo em pó, nitro, mínio, casco de cristal em pó, Mn e As. Para o vidro leite era utilizado nitro, areia em pó, bórax (boro) e As. Finalmente, para o vidro vermelho seria necessário quartzo em pó, mínio, potassa, nitro, púrpura de Cassius, óxido de manganês e sulfureto de antimónio.

De acordo com Alves *et al.* (2001) os materiais constituintes de um vidro podem ser divididos em cinco categorias, tomando-se por base a função que desempenham no processo: formador,



fundente, agente modificador, agente de refino e gente de cor. Cabe salientar que o mesmo composto pode ser classificado em diferentes categorias quando utilizado para diferentes propósitos. A alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), por exemplo, atua como formador em vidros aluminatos, mas é considerada um modificador na maioria dos vidros silicatos.

Os formadores de vidro são os responsáveis pela formação da rede tridimensional – função vitrificante - estendida aleatória; os principais formadores comerciais são  $\text{SiO}_2$  (sílica),  $\text{B}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Alves *et al.*, 2001).

Os fundentes têm a função de reduzir a temperatura de processamento para valores inferiores a  $1600^\circ\text{C}$ , sendo os mais comuns os óxidos de metais alcalinos (Li, Na e K) e o  $\text{PbO}$ . Se, por um lado, a adição de fundentes na composição do vidro de sílica promove um decréscimo na temperatura de fusão, por outro, a presença de grandes quantidades de óxidos alcalinos provoca sérias degradações em muitas propriedades destes vidros, dentre elas a durabilidade química (estabilidade frente a ácidos, bases e água).

A degradação das propriedades é usualmente controlada pela adição de agentes modificadores, os quais incluem os óxidos de metais de transição e de terras-raras (Alves *et al.*, 2001). Por exemplo o  $\text{CaO}$  - proporciona estabilidade ao vidro contra ataques de agentes atmosféricos;  $\text{MgO}$  - garante resistência ao vidro para suportar mudanças bruscas de temperatura e aumenta a resistência mecânica; alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aumenta a resistência mecânica. Os agentes de refino são adicionados para promover a remoção de bolhas geradas no fundido, sendo utilizados em quantidades muito pequenas ( $<1\%$ mol). Incluem-se aí os óxidos de antimônio e arsênio,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  e alguns sulfatos.

Os agentes de cor, como o próprio nome sugere, são utilizados para conferir cor aos vidros. Os vidros coloridos são, usualmente, produzidos pela adição de compostos de metais de transição 3d ou de terras-raras 4f. Contudo, a cor final obtida depende do estado de oxidação do metal, da sua concentração, da composição do vidro e do tratamento térmico ao qual foi submetido. Alguns dos óxidos normalmente utilizados para dar cor aos vidros são apresentados no Quadro 5.2.

**Quadro 5.2** - Espécies químicas (agentes de coloração) utilizadas para dar cor aos vidros (Alves *et al.*, 2001).

Agente de coloração	Estado de oxidação	Coloração
Cobre	$\text{Cu}^{2+}$	Azul
Crômio	$\text{Cr}^{3+}$	Verde
	$\text{Cr}^{6+}$	Amarelo
Manganês	$\text{Mn}^{3+}$	Violeta
	$\text{Mn}^{2+}$	Preto
Ferro	$\text{Fe}^{3+}$	Marrom-amarelo
	$\text{Fe}^{2+}$	Verde-azulado
Cobalto	$\text{Co}^{2+}$	Azul intenso ou rosa
	$\text{Co}^{3+}$	Verde
Níquel	$\text{Ni}^{2+}$	Marrom, amarelo, verde, azul a violeta, dependendo da matriz vítrea
Vanádio	$\text{V}^{3+}$	Verde, em vidros silicatos e marrom em vidros boratos
Titânio	$\text{Ti}^{3+}$	Violeta
Neodímio	$\text{Nd}^{3+}$	Violeta-avermelhado
Praseodímio	$\text{Pr}^{3+}$	Verde claro
Ouro	$\text{Au}^0$	Rubi (partículas coloidais dispersas na matriz vítrea)
Cádmio	$\text{CdS}$ , $\text{CdSe}$	Laranja

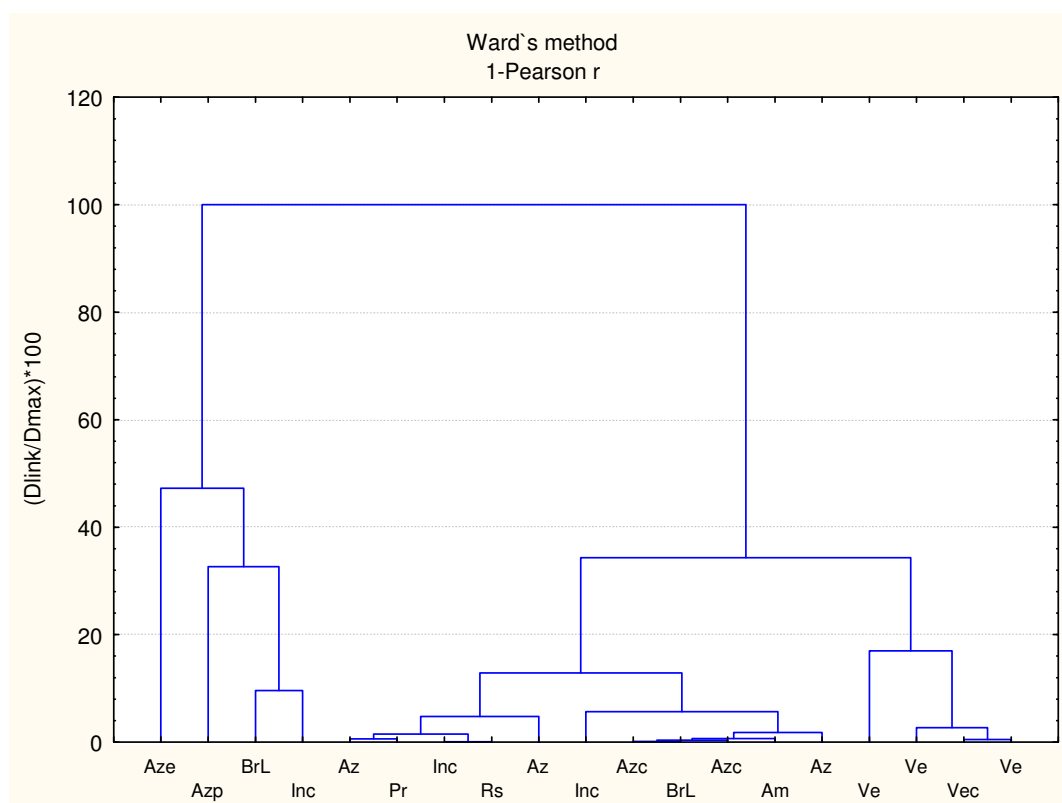
De acordo com Velho (1997) o vidro verde apresenta um elevado teor em  $\text{MgO}$  e baixo em  $\text{Na}_2\text{O}$ , para além de apresentar teores elevados em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . No caso de se pretender obter um nível de utilização de casco na ordem dos 50% verifica-se uma variação na



composição química. Este facto obriga a fazer-se um acerto, de tal modo que a fornada a introduzir deverá apresentar teores baixos em  $\text{Na}_2\text{O}$  e em  $\text{CaO}$  (para contrabalançar os níveis elevados destes elementos no casco), no entanto, deve ter teores superiores em  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (de igual modo para compensar a deficiência destes elementos).

O vidro incolor produzido geralmente possui baixo teor em  $\text{Na}_2\text{O}$  para além de um teor mediano em  $\text{MgO}$  e um valor diminuto em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Velho, 1997).

A figura 5.4 apresenta a classificação hierárquica para as amostras de vidro (codificadas de acordo com a cor apresentada pelos fragmentos em estudo). O número de fragmentos de vidros encontrados variou consoante a cor e foram encontrados na sua maioria no local de escombreira. A cor verde e a cor cor-de-rosa foram as cores encontradas com maior abundância.



Vd – verde; Az – azul; Azc – azul claro; Aze – azul escuro; Azp – azul porcelana; Inc – incolor; BrL – branco leitoso; Rs – rosa; Am – amarela; Pr – preta; Qz – quartzo.

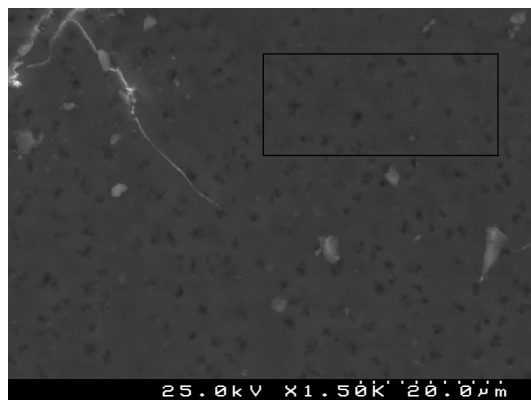
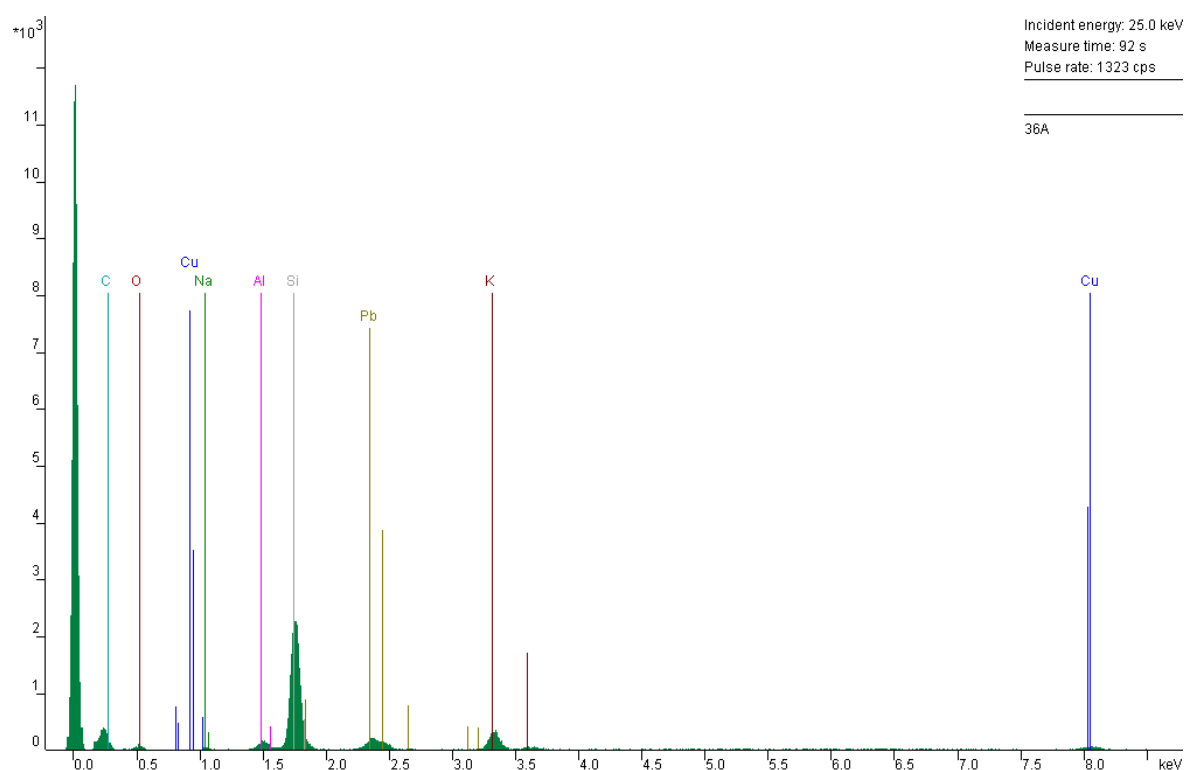
**Figura 5.4** - Dendrograma resultante da aplicação da classificação hierárquica “Cluster Analysis – Modo Q” aos resultados das análises químicas dos fragmentos de vidros.

Através da análise da figura 5.4 podemos concluir que os fragmentos do vidro verde estão todos associados, o que vem de encontro à bibliografia consultada, que diz que antes do século XIX a produção seria exclusivamente de vidro verde.

Chegámos à conclusão através das análises químicas dos vidros que todos os vidros contêm elementos químicos em grande quantidade entre eles o Ba, Rb, Sr e o Zr, pois estes elementos são usados no fabrico e na produção dos vidros. O V,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Co, são elementos que dão a tonalidade verde ao vidro e que vai de encontro aos resultados obtidos para o vidro verde, em virtude de estes terem bastante peso nas amostras analisadas; o Co, Cu, Pb, Ni, são elementos que dão a tonalidade azul ao vidro. Consoante o vidro se torna mais escuro maior é o peso desses elementos químicos na amostra.

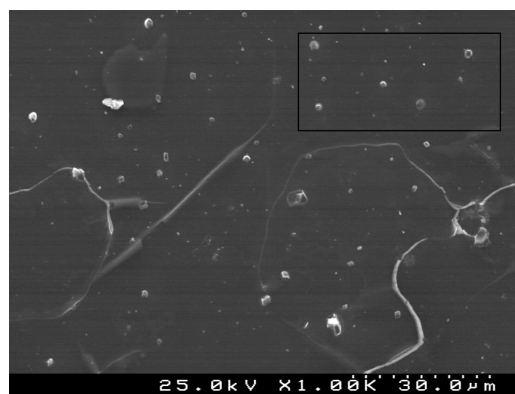
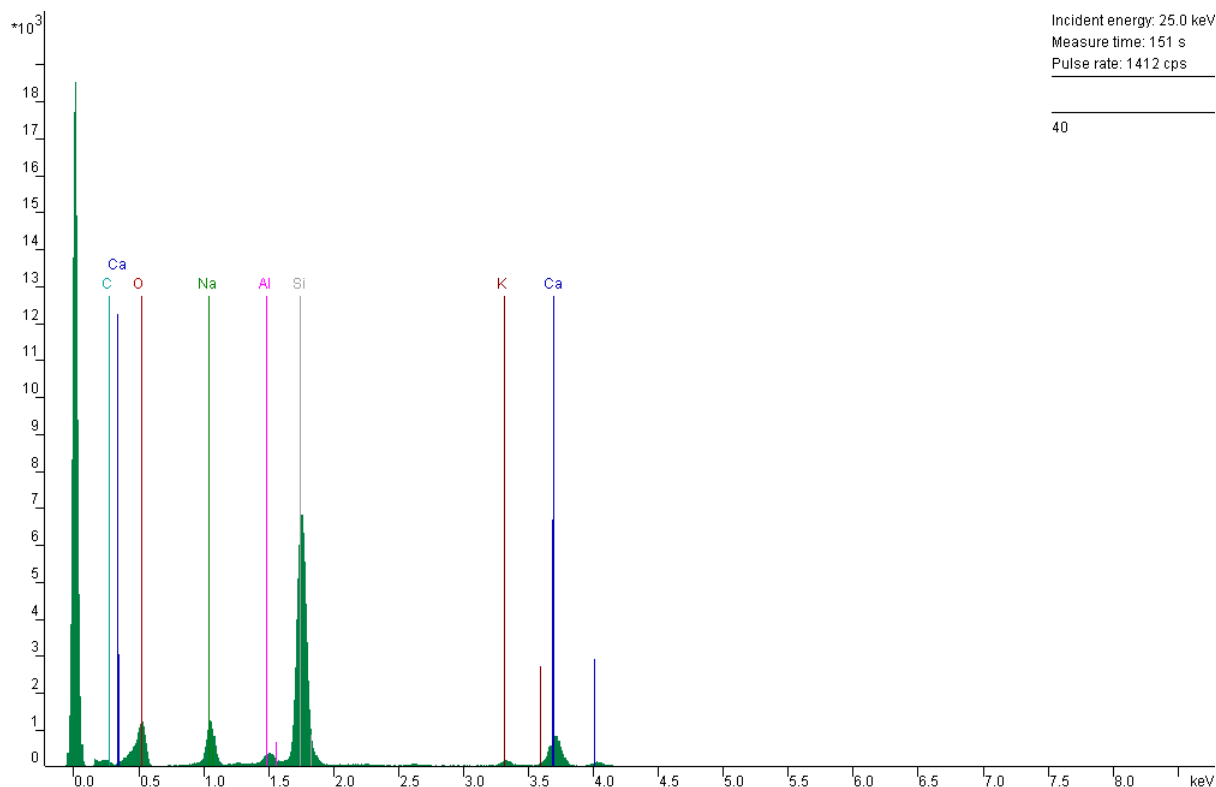
As figuras 5.5 a 5.18 apresentam os resultados da observação dos fragmentos de vidro utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – Azul de porcelana – 36A						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	18.1
O	K-ser	1.00000	1.00000	24.75	71.93	20.6
Cu	K-alpha	1.03295	1.04347	0.83	0.60	34
Na	K-ser	0.99939	1.00204	0.89	1.80	85.6
Al	K-ser	1.00524	1.00657	0.82	1.41	53
Si	K-ser	1.00782	1.00302	12.06	19.96	30.6
Pb	M-ser	1.01273	1.06967	5.27	1.18	24.9
K	K-alpha	1.01840	1.00329	2.62	3.12	22.9
standardless				59.66	100.00	[2s]



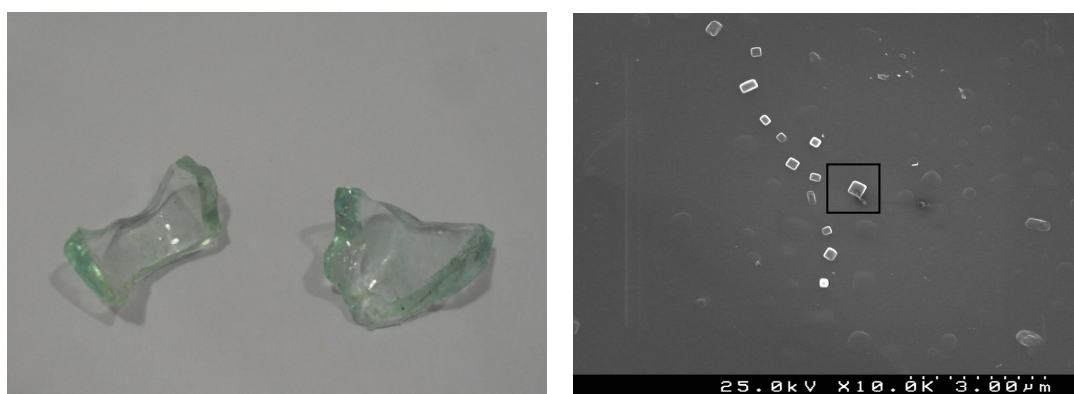
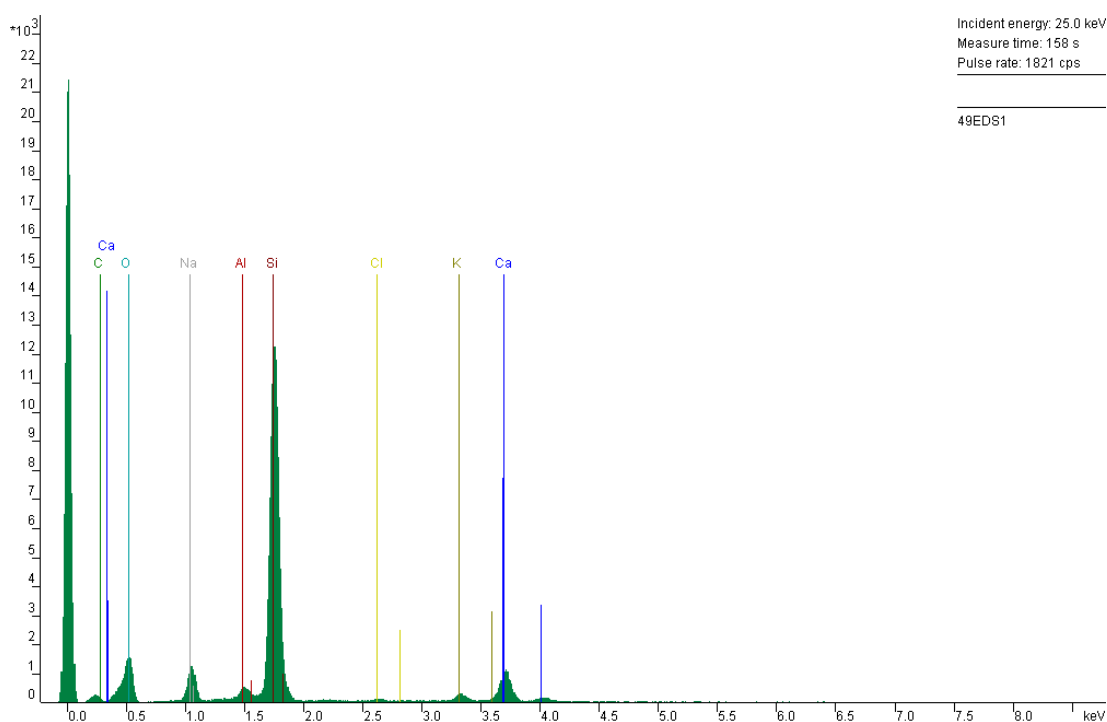
**Figura 5.5** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul porcelana" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro azul claro - 40						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	20.1
O	K-ser	1.00000	1.00000	49.74	70.93	17.3
Na	K-ser	0.99954	1.00632	5.45	5.40	14.4
Al	K-ser	1.00393	1.02097	1.26	1.07	18.3
Si	K-ser	1.00586	1.00473	23.54	19.12	9.7
K	K-alpha	1.01379	1.03717	0.75	0.44	23.4
Ca	K-alpha	1.01512	1.01906	5.34	3.04	10.7
standardless				93.29	100.00	[2s]



**Figura 5.6** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul claro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

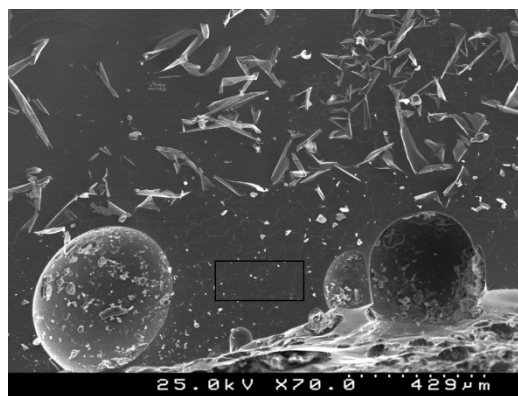
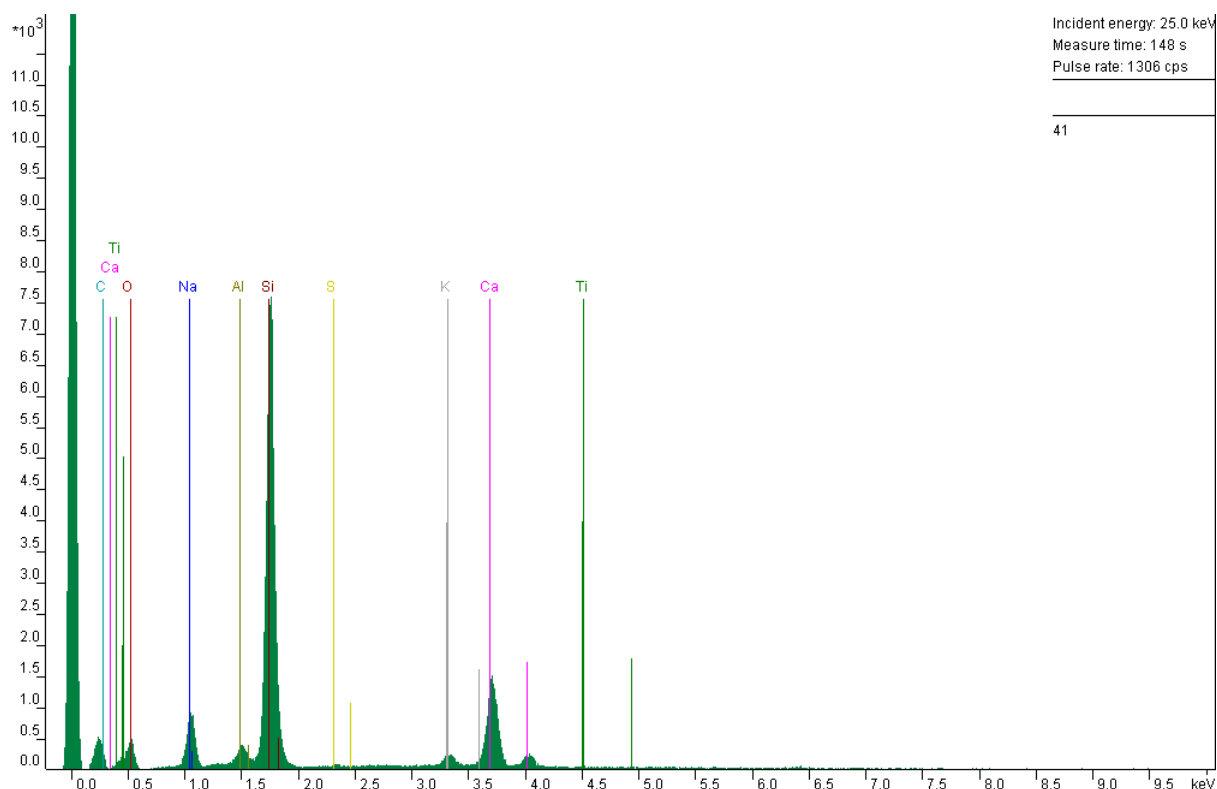
Tipologia – vidro azul claro - 49						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	19.6
O	K-ser	1.00000	1.00000	41.16	66.02	16.9
Na	K-ser	0.99952	1.00746	5.10	5.69	17.4
Al	K-ser	1.00410	1.02507	1.19	1.13	19.7
Si	K-ser	1.00612	1.00411	26.36	24.09	11.1
Cl	K-ser	1.01139	1.01556	0.19	0.14	79.0
K	K-alpha	1.01439	1.02989	0.79	0.52	19.2
Ca	K-alpha	1.01578	1.01891	3.76	2.40	9.6
standardless				81.91	100.00	[2s]



**Figura 5.7** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul claro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

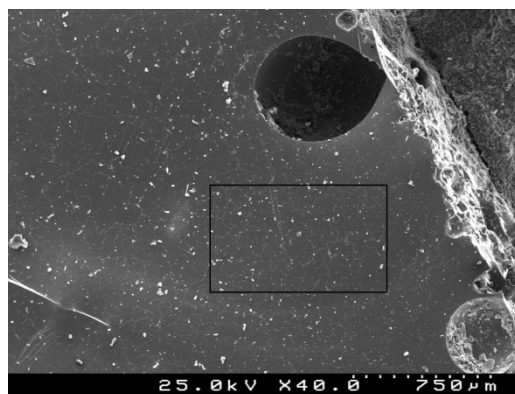
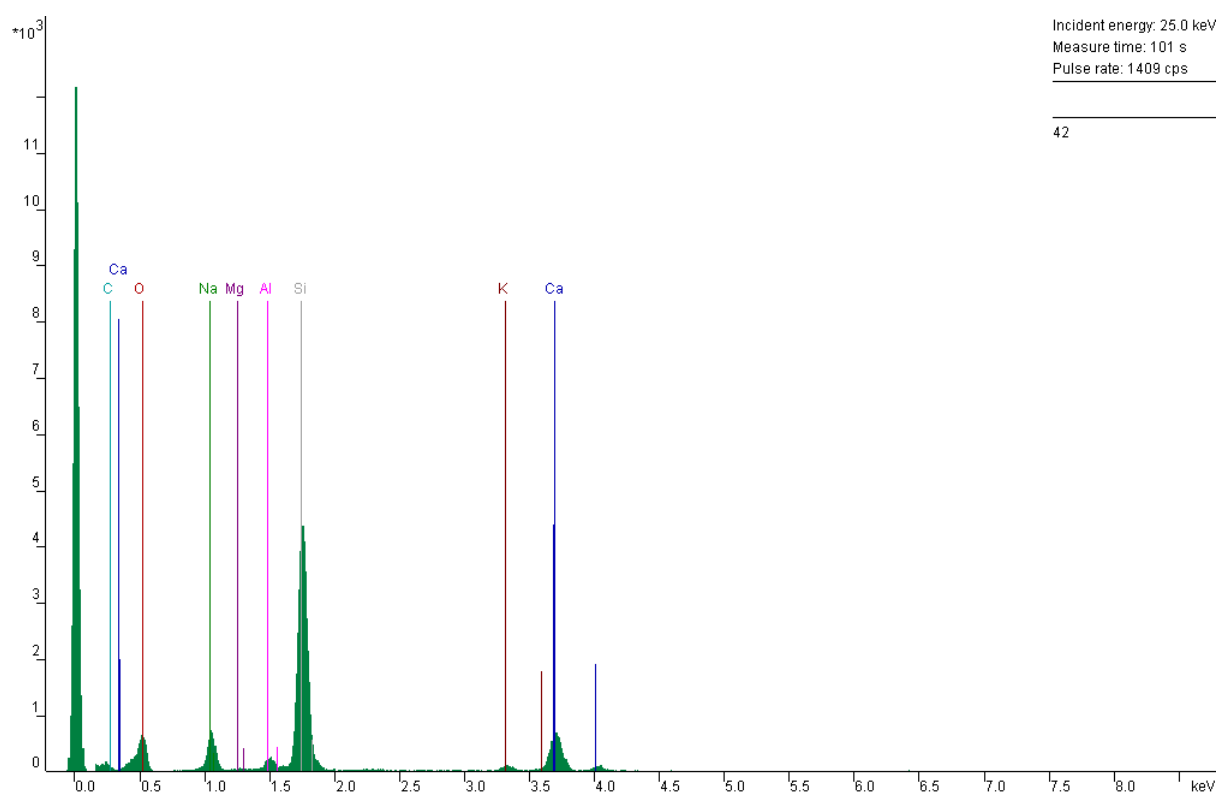


Tipologia – vidro azul - 41						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	18.7
O	K-ser	1.00000	1.00000	29.30	61.31	18.3
Na	K-ser	0.99953	1.00715	4.73	6.89	25.2
Al	K-ser	1.00408	1.02402	0.93	1.15	28.0
Si	K-ser	1.00609	1.00544	20.55	24.50	15.6
S	K-alpha	1.00969	1.01393	0.06	0.06	271.4
K	K-alpha	1.01431	1.04457	0.79	0.68	21.2
Ca	K-alpha	1.01569	1.01637	6.46	5.40	9.0
Ti	K-alpha	1.01825	1.03172	0.03	0.02	420.4
standardless				69.99	100.00	[2s]



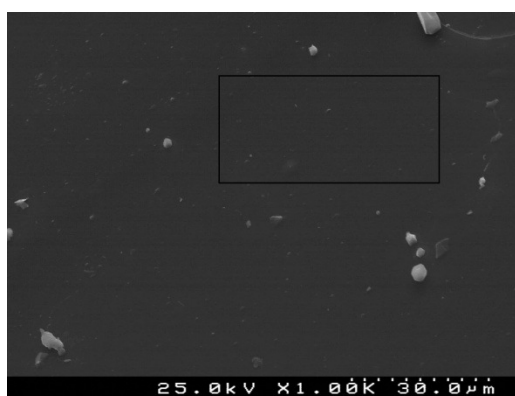
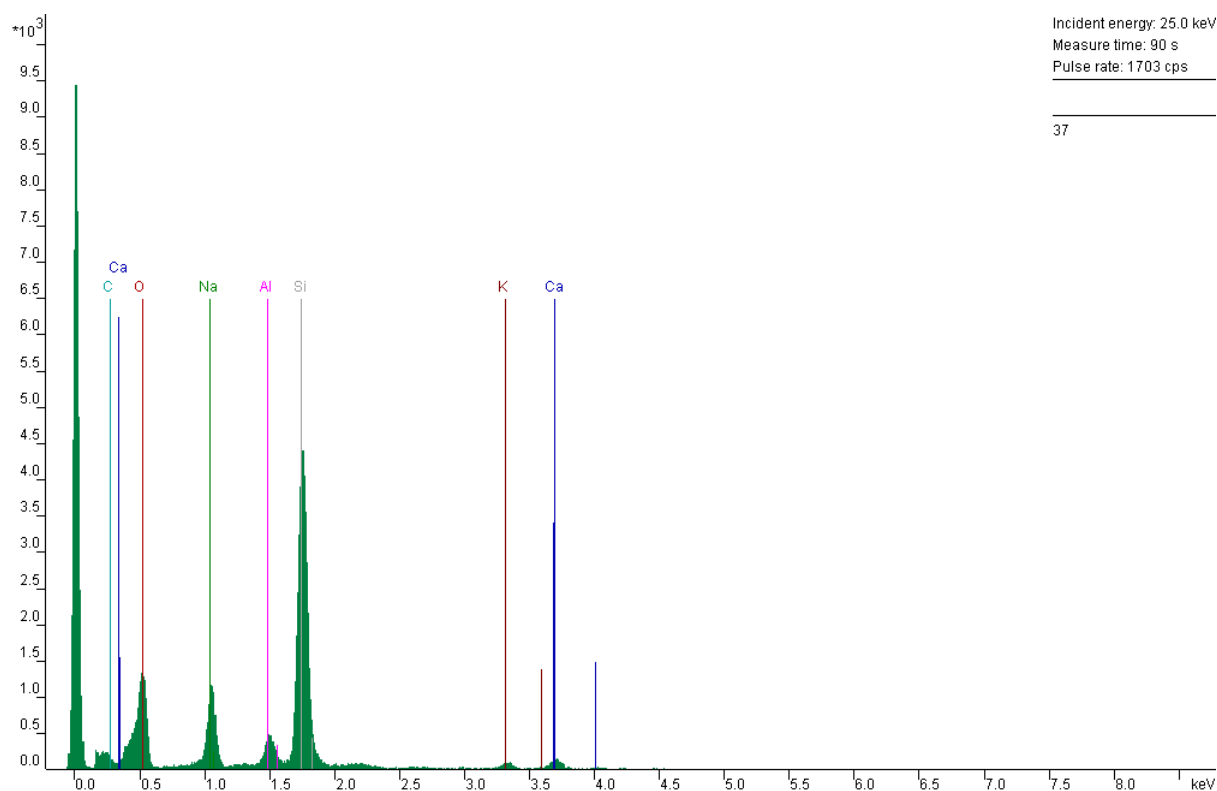
**Figura 5.8** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro azul escuro - 42						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	20.8
O	K-ser	1.00000	1.00000	43.12	67.12	18.2
Na	K-ser	0.99953	1.00660	5.59	6.05	18.9
Mg	K-ser	1.00187	1.01254	0.09	0.09	179.1
Al	K-ser	1.00401	1.02178	1.31	1.21	24.4
Si	K-ser	1.00599	1.00512	23.55	20.88	12.0
K	K-alpha	1.01409	1.04118	0.87	0.56	28.0
Ca	K-alpha	1.01545	1.01767	6.57	4.08	11.7
standardless				88.24	100.00	[2s]



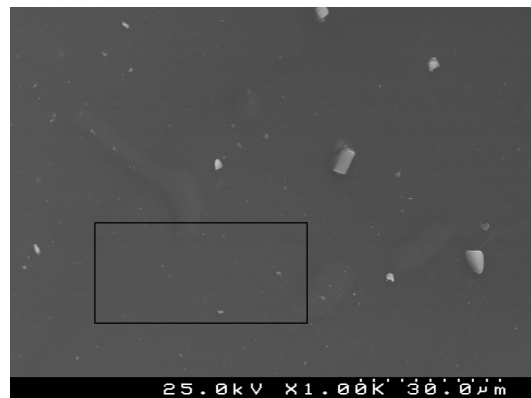
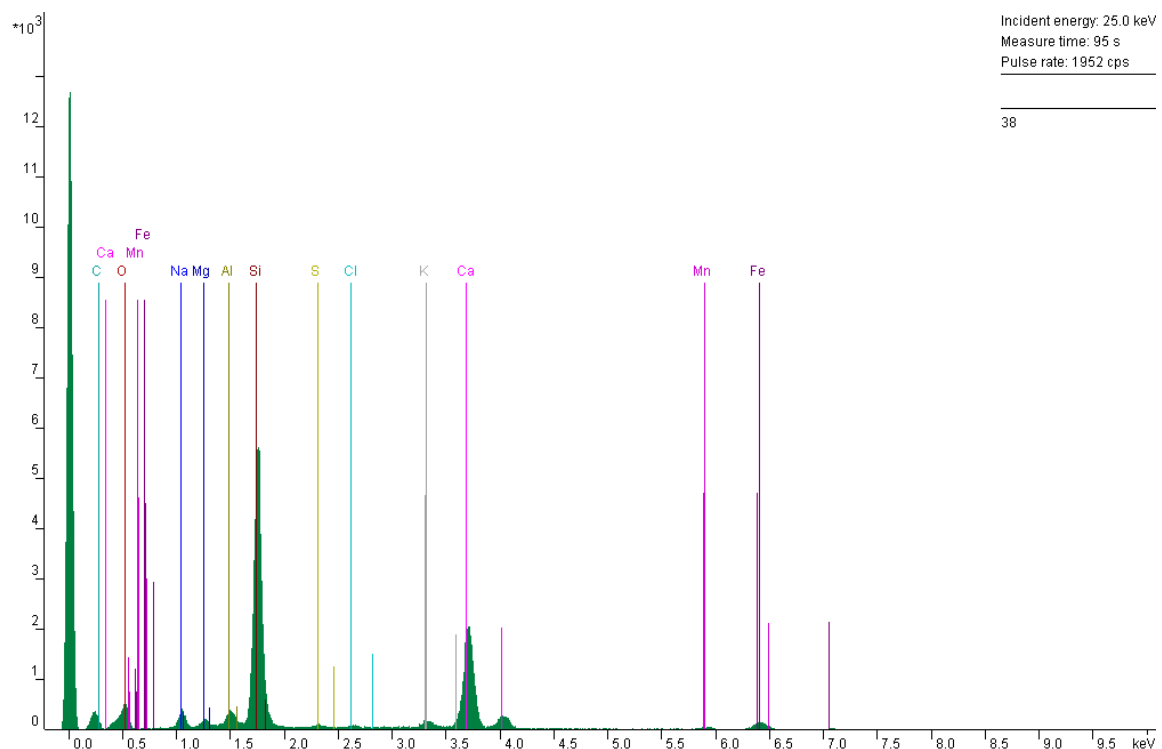
**Figura 5.9** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "azul escuro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro cor de rosa - 37						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	19.8
O	K-ser	1.00000	1.00000	65.00	76.82	17.0
Na	K-ser	0.99958	1.00552	6.60	5.43	12.8
Al	K-ser	1.00362	1.01711	2.54	1.78	14.7
Si	K-ser	1.00540	1.00355	22.35	15.05	9.3
K	K-alpha	1.01269	1.02341	0.70	0.34	33.1
Ca	K-alpha	1.01392	1.02408	1.24	0.58	23.5
standardless				110.87	100.00	[2s]



**Figura 5.10** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "cor-de-rosa" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

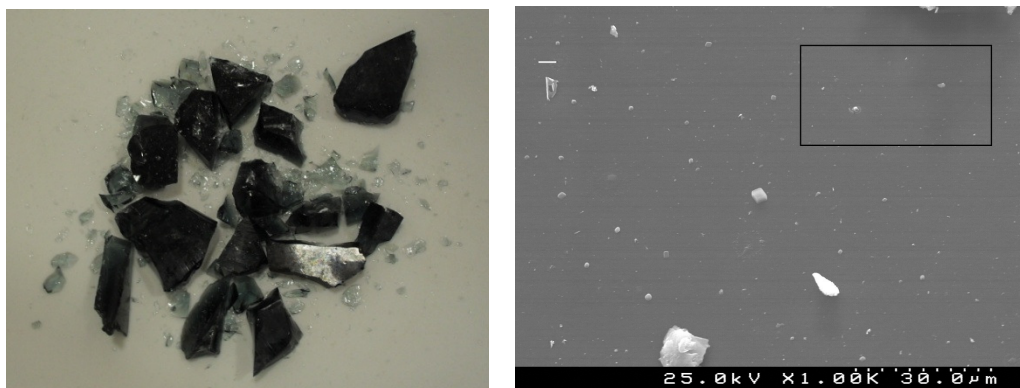
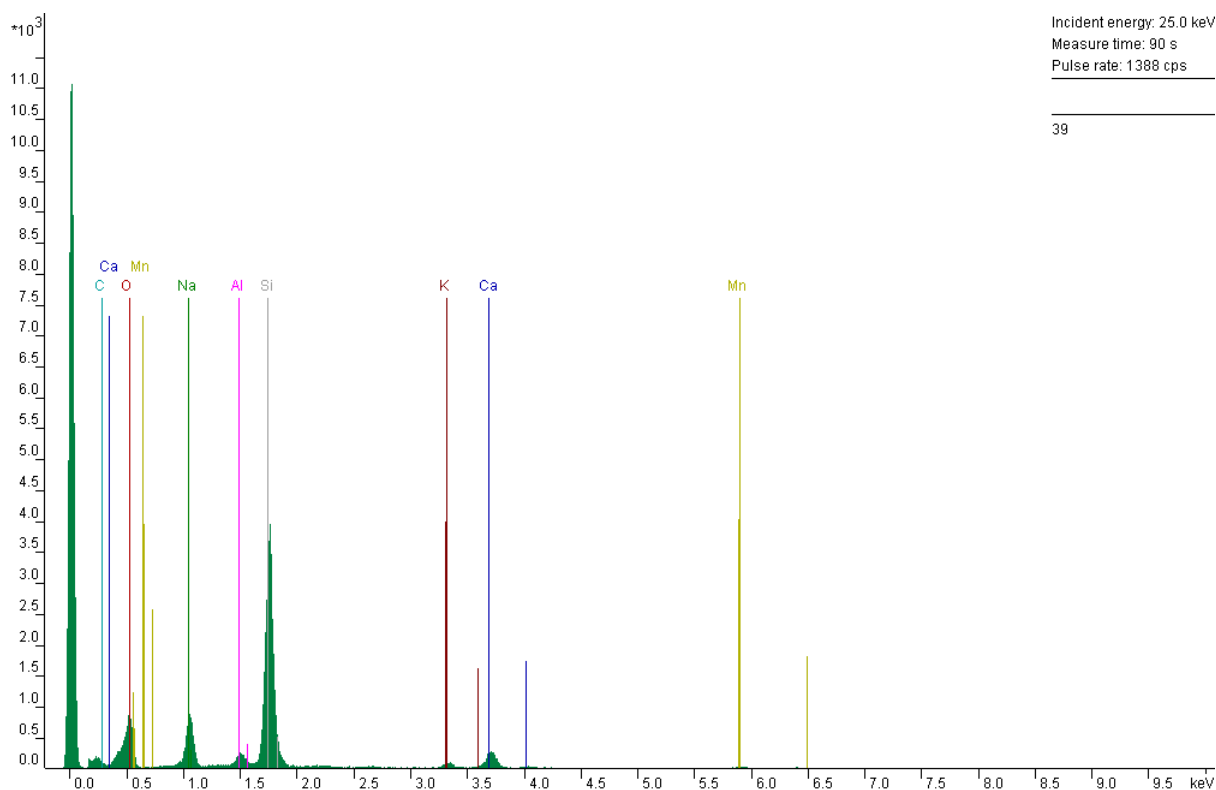
Tipologia – vidro amarelo - 38						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	19.5
O	K-ser	1.00000	1.00000	34.86	61.84	18.1
Fe	K-alpha	1.02440	1.06620	1.98	1.01	18.9
Na	K-ser	0.99949	1.00636	2.08	2.57	23.2
Mg	K-ser	1.00204	1.01181	0.55	0.64	40.9
Al	K-ser	1.00438	1.02043	1.40	1.47	21.8
Si	K-ser	1.00654	1.00790	21.18	21.40	12.3
S	K-ser	1.01041	1.02041	0.32	0.29	55.3
Cl	K-ser	1.01216	1.03183	0.25	0.20	71.8
K	K-alpha	1.01537	1.06797	1.02	0.74	21.9
Ca	K-alpha	1.01685	1.01840	13.43	9.51	8.6
Ti	K-alpha	1.01960	1.03617	0.12	0.07	122.0
Mn	K-alpha	1.02327	1.06089	0.51	0.27	41.6
standardless				85.28	100.00	[2s]



**Figura 5.11** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "amarelo" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

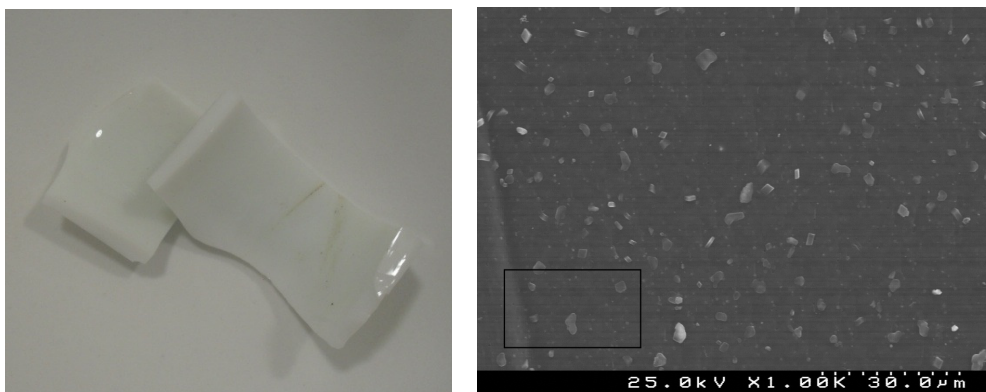
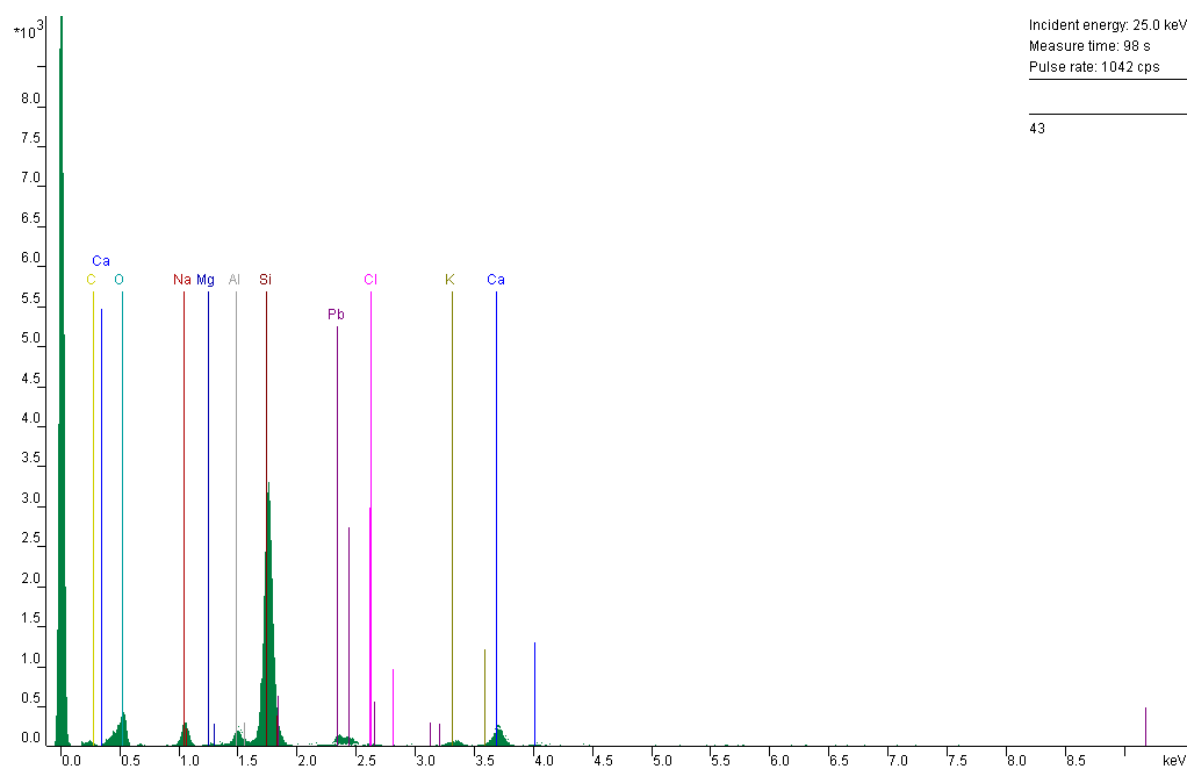


Tipologia – vidro preto - 39						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	20.5
O	K-ser	1.00000	1.00000	54.97	76.46	17.6
Na	K-ser	0.99957	1.00541	5.50	5.32	15.2
Al	K-ser	1.00373	1.01771	1.18	0.97	22.5
Si	K-ser	1.00557	1.00418	19.29	15.28	10.1
K	K-alpha	1.01310	1.03050	0.59	0.34	33.5
Ca	K-alpha	1.01436	1.02400	2.54	1.41	16.4
Mn	K-alpha	1.01984	1.09164	0.53	0.21	42.2
standardless				93.41	100.00	[2s]



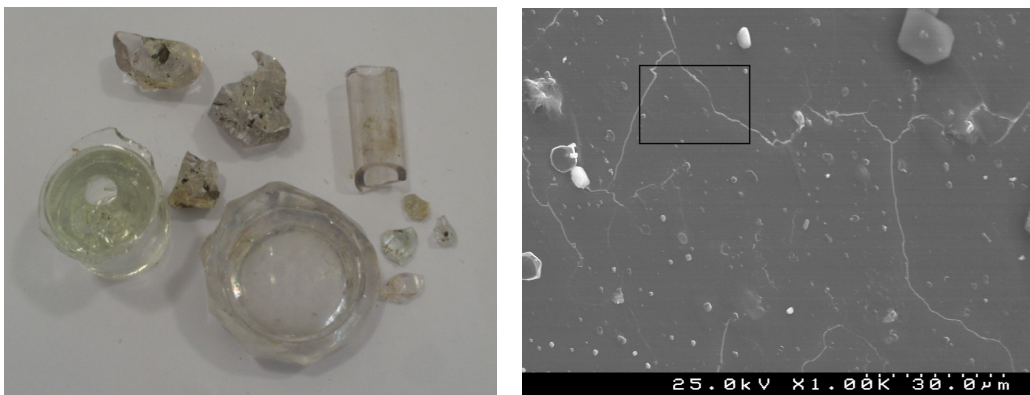
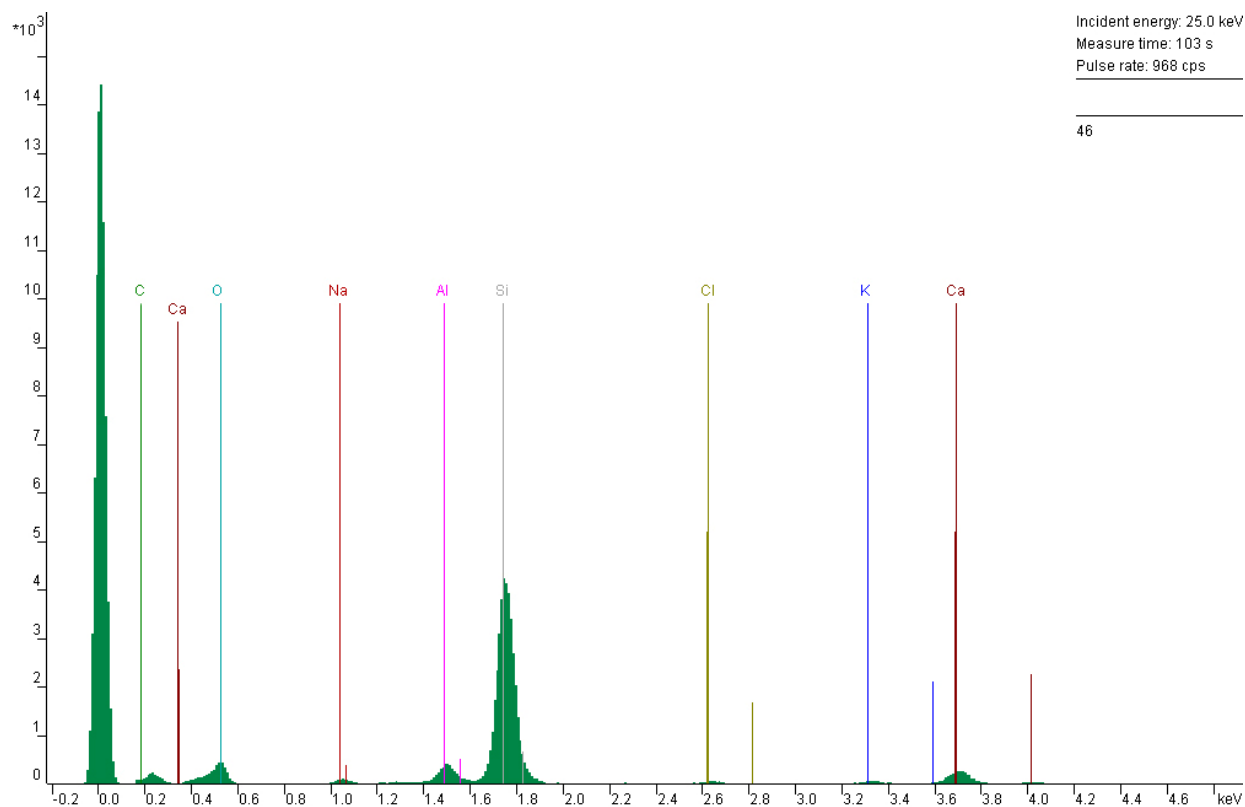
**Figura 5.12** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "preto" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro branco leitoso - 43						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	22.4
O	K-ser	1.00000	1.00000	41.11	70.60	18.7
Na	K-ser	0.99943	1.00313	3.33	3.97	24.3
Mg	K-ser	1.00231	1.00589	0.11	0.13	217.3
Al	K-ser	1.00496	1.01015	1.41	1.43	26.6
Si	K-ser	1.00741	1.00303	21.32	20.86	12.8
Pb	M-ser	1.01205	1.09569	4.20	0.56	28.8
Cl	K-ser	1.01378	1.00328	0.06	0.05	261.2
K	K-alpha	1.01742	1.00641	0.65	0.45	55.0
Ca	K-alpha	1.01909	1.00580	2.85	1.96	20.9
standardless				79.34	100.00	[2s]



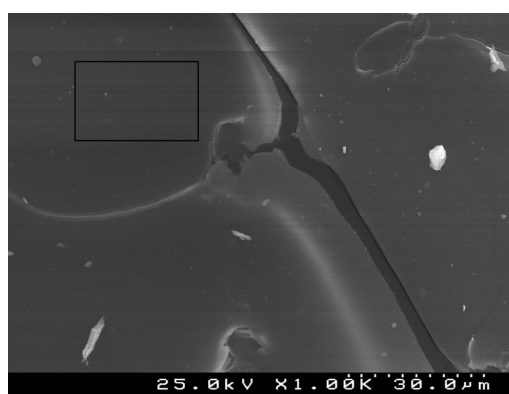
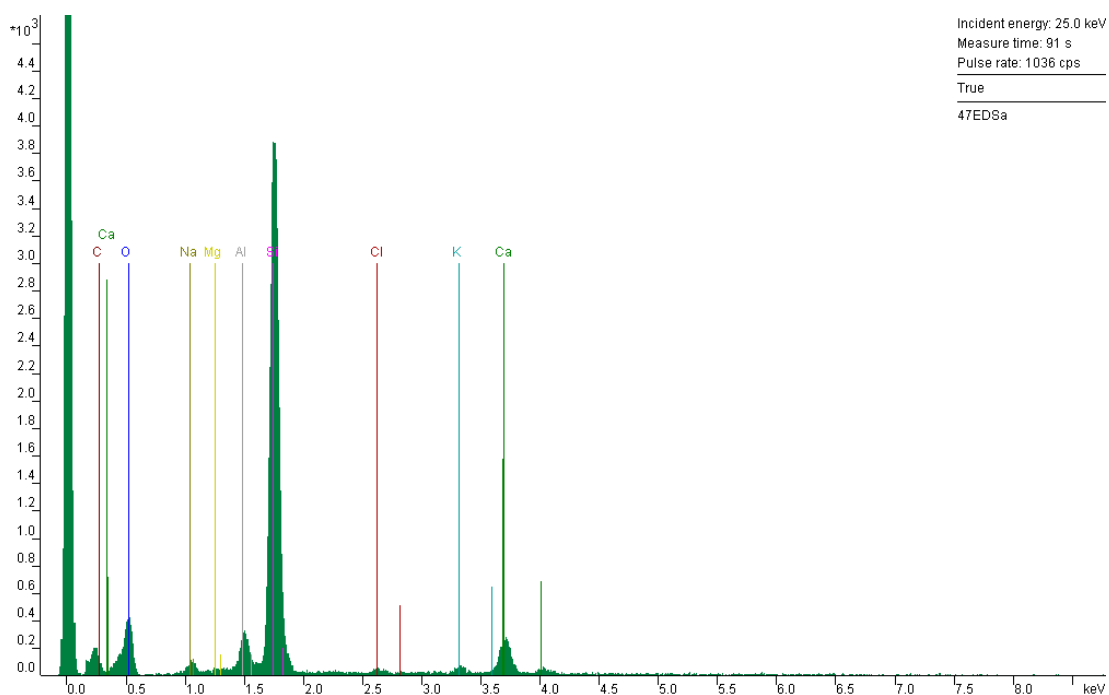
**Figura 5.13** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "branco leitoso" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro incolor - 46						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	Linha
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	20.6
O	K-ser	1.00000	1.00000	41.02	68.49	17.8
Na	K-ser	0.99955	1.00736	4.63	5.38	24.8
Al	K-ser	1.00393	1.02470	1.10	1.08	28.5
Si	K-ser	1.00586	1.00370	24.18	23.00	14.9
Cl	K-ser	1.01090	1.01331	0.30	0.23	83.0
K	K-alpha	1.01378	1.02395	0.81	0.56	26.4
Ca	K-alpha	1.01511	1.02041	1.89	1.26	17.4
standardless				79.77	100.00	[2s]



**Figura 5.14** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "incolor" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

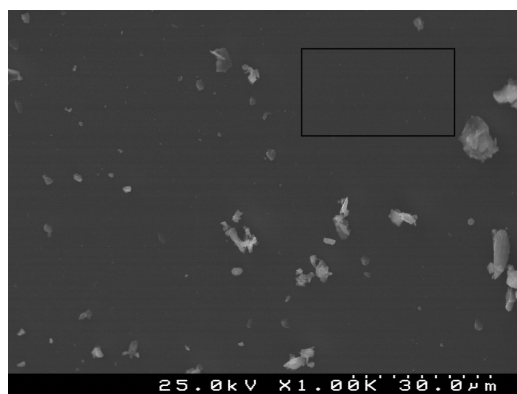
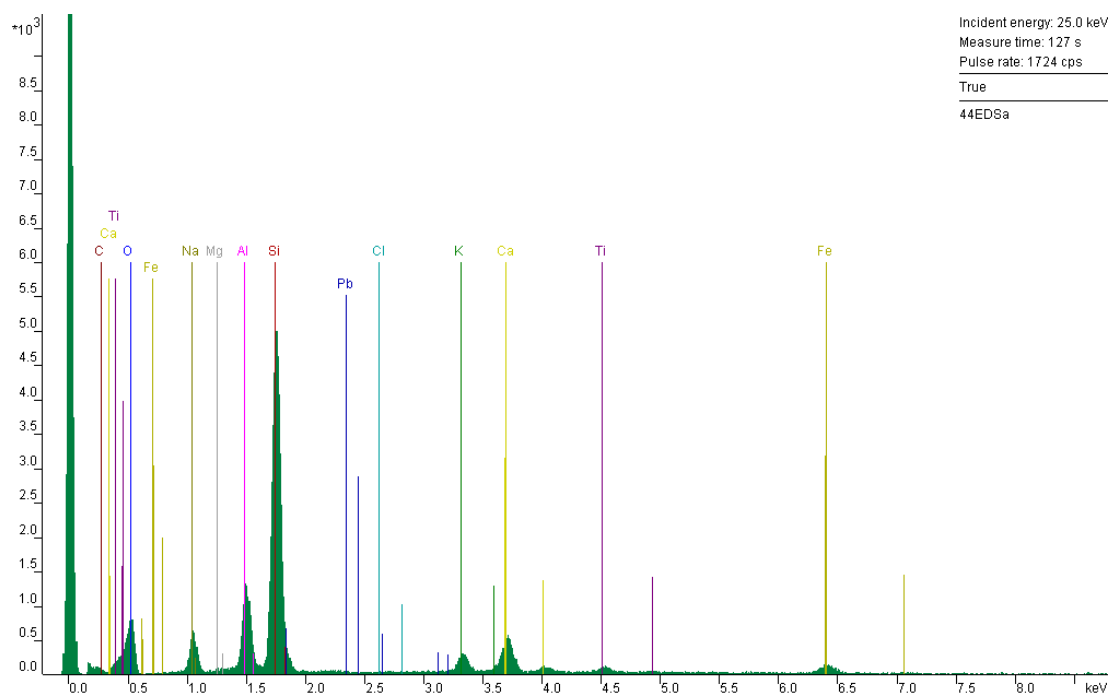
Tipologia – vidraça incolor - 47						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	19.7
O	K-ser	1.00000	1.00000	37.38	65.11	18.8
Na	K-ser	0.99954	1.00903	1.35	1.64	43.6
Mg	K-ser	1.00185	1.01716	0.24	0.27	105.7
Al	K-ser	1.00396	1.02866	2.34	2.42	28.5
Si	K-ser	1.00591	1.00377	27.99	27.77	20.1
Cl	K-ser	1.01100	1.01371	0.37	0.29	76.9
K	K-alpha	1.01390	1.02709	0.49	0.35	44.4
Ca	K-alpha	1.01524	1.01869	3.10	2.15	16.0
standardless				81.38	100.00	[2s]



**Figura 5.15** - Observação dos fragmentos de vidraça da tipologia "incolor" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

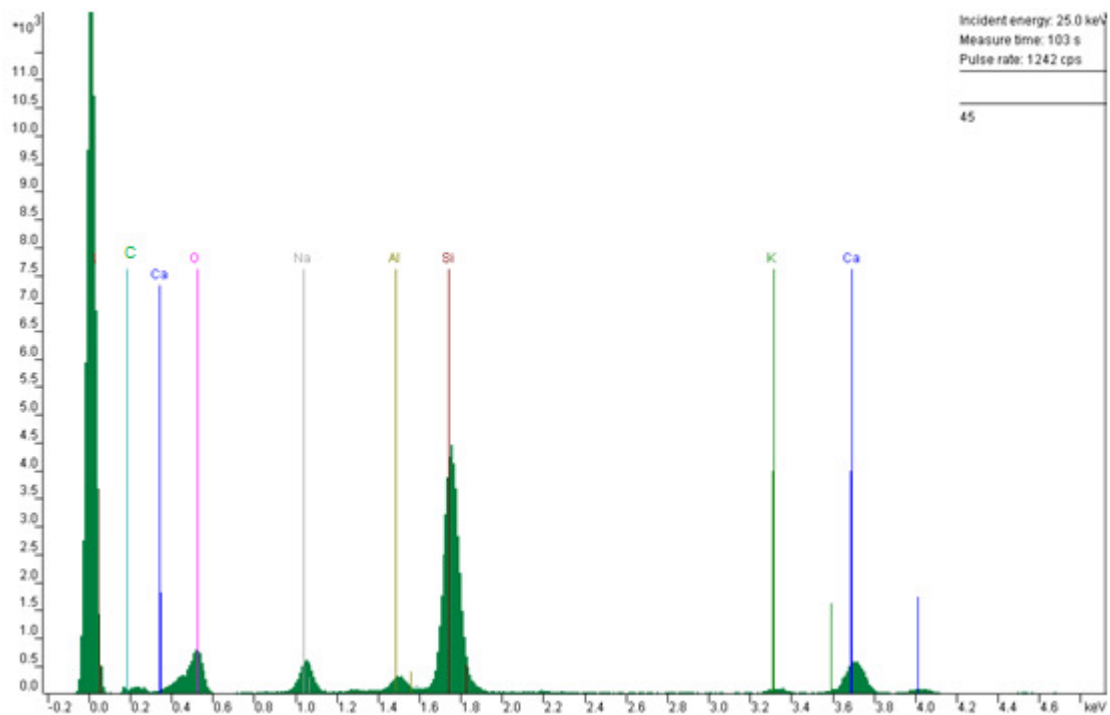


Tipologia – vidro verde - 44						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	19.7
O	K-ser	1.00000	1.00000	20.87	41.08	17.3
Fe	K-alpha	1.02674	1.05229	1.40	0.81	23.0
Na	K-ser	0.99944	1.00585	10.85	14.86	102.8
Mg	K-ser	1.00224	1.01087	0.76	0.98	67.8
Al	K-ser	1.00480	1.01504	7.22	8.42	28.8
Si	K-ser	1.00716	1.00320	26.55	29.77	20.4
Pb	M-ser	1.01166	1.23414	1.19	0.18	70.8
Cl	K-ser	1.01333	1.00783	0.02	0.01	535.7
K	K-alpha	1.01684	1.01440	1.43	1.15	26.4
Ca	K-alpha	1.01847	1.01284	3.06	2.40	15.3
Ti	K-alpha	1.02148	1.02344	0.52	0.34	32.3
standardless				75.43	100.00	[2s]



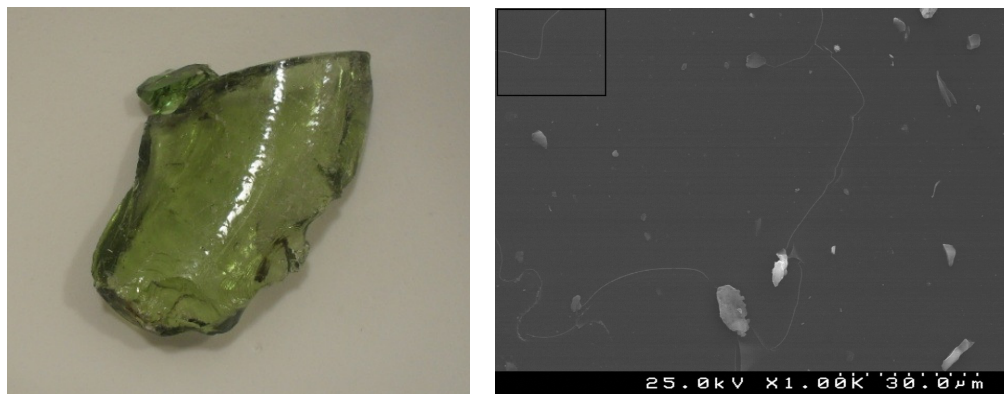
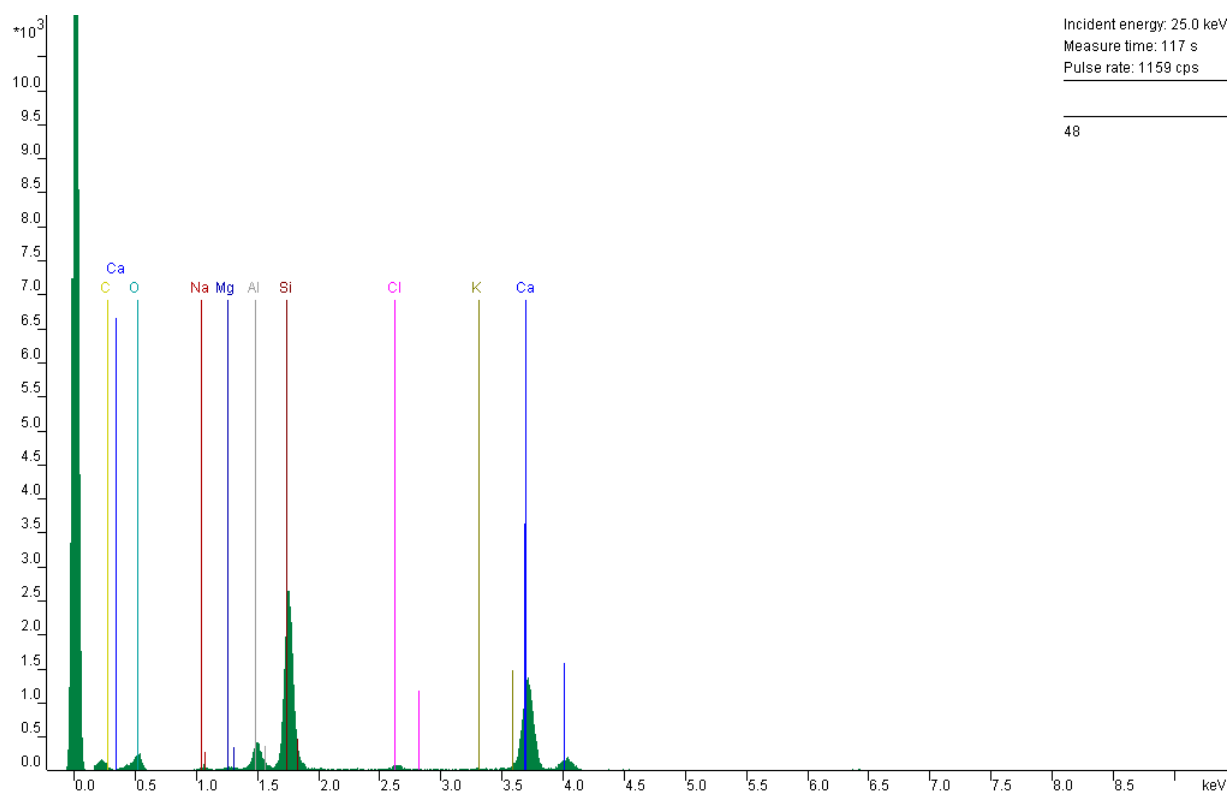
**Figura 5.16** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro verde claro - 45						
Elementos	Linha	B	F	c	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	18.86	28.96	21.7
O	K-ser	1.00000	1.00000	41.10	42.64	17.1
Na	K-ser	0.99953	1.00697	8.93	6.45	21.8
Al	K-ser	1.00402	1.02219	2.71	1.66	21.1
Si	K-ser	1.00599	1.00449	29.66	17.53	14.9
K	K-alpha	1.01409	1.03517	0.78	0.33	30.1
Ca	K-alpha	1.01545	1.01926	5.84	2.42	14.5
standardless				107.88	100.00	[2s]



**Figura 5.17** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde claro" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respectiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Tipologia – vidro verde médio – 48						
Elementos	Linha	B	F	C	c(atom)	% Erro
C	K-ser	1.00000	1.00000	0.00	0.00	20.1
O	K-ser	1.00000	1.00000	31.46	55.24	19.0
Na	K-ser	0.99948	1.00743	1.65	2.01	44.3
Mg	K-ser	1.00210	1.01379	0.68	0.78	54.8
Al	K-ser	1.00451	1.02146	4.13	4.30	24.7
Si	K-ser	1.00673	1.00848	23.85	23.86	17.7
Cl	K-ser	1.01251	1.03375	1.09	0.86	34.9
K	K-alpha	1.01582	1.07665	0.35	0.25	60.8
Ca	K-alpha	1.01734	1.01302	18.10	12.69	10.5
standardless				87.30	100.00	[2s]



**Figura 5.18** - Observação dos fragmentos de vidro da tipologia "verde médio" utilizando um microscópio eletrônico de varrimento (SEM, Scanning Electron Microscopy) e respetiva análise química através de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Através do EDS realizado pelo SEM nas amostras de vidros, obtivemos uma análise semiquantitativa dos elementos químicos. Por ter sido feita uma análise à superfície da amostra, não se consegue detetar todos os elementos químicos que a análise química detetou relativamente à tonalidade dos vidros. Ainda assim, através do quadro 5.2 e com os resultados obtidos pelo SEM conseguimos fazer algumas interpretações: (a) o vidro azul de porcelana contem o elemento químico Cu, e este é um dos elementos que dá a tonalidade azul ao vidro; (b) o vidro amarelo contem Fe e Mg, que dão tonalidade amarelada ao vidro; (c) o vidro preto que na sua constituição engloba o elemento Mn é o elemento que dá a tonalidade preta ao vidro.

## 5.2. Amostras de solos

### 5.2.1. Caracterização mineralógica das amostras de solo

Num conjunto de 70 amostras efetuou-se uma análise mineralógica a 32 amostras de solo, relativas à 1ª campanha de amostragem. No Quadro 5.3 apresentam-se os resultados quantitativos da análise de DRX obtidos para as amostras de solo selecionadas.

**Quadro 5.3** - Composição mineralógica de amostras de solo correspondentes à 1ª campanha.

	Qtz	KFe	Plg	Mic	Cau	Clor	SmNa	Opal	Calc	Dol	Anid	Bro	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>sul</sub>	Gal	Pir
C1-1	48	2	20	9	6	3	0	0	2	0	0	1	2	5	1	1
C1-2	51	2	10	12	7	1	3	4	1	0	1	5	1	0	2	0
C1-3	54	5	8	9	5	2	3	3	1	2	2	2	2	1	1	0
C1-4	70	2	7	8	4	0	2	2	0	0	3	0	1	1	0	0
C1-5	58	3	9	10	5	0	2	1	0	1	4	2	2	2	0	1
C1-6	56	15	2	6	4	0	0	2	0	0	5	0	3	3	0	4
C1-7	75	2	7	6	3	0	1	1	0	0	2	2	1	0	0	0
C1-8	44	8	1	7	9	0	12	4	5	0	4	0	3	3	0	0
C1-9	75	1	5	5	3	0	1	0	0	0	3	2	3	2	0	0
C1-18	66	1	7	4	3	0	1	5	0	0	3	4	3	2	0	1
C1-19	67	2	3	7	4	0	2	1	0	0	4	4	4	2	0	0
C1-20A	57	2	4	10	6	tr	3	2	tr	0	6	4	3	2	tr	1
C1-20	65	1	3	9	7	0	3	tr	0	0	5	3	2	1	0	1
C1-21	65	0	4	6	4	0	2	0	0	0	6	4	4	2	1	2
C1-22	51	2	7	9	7	0	4	3	0	0	7	5	2	1	1	1
C1-23	67	4	6	5	3	0	1	2	0	0	4	3	2	1	1	1
C1-24A	61	1	9	8	5	tr	5	0	0	0	4	2	3	2	0	0
C1-25A	60	5	10	7	5	tr	4	2	0	0	3	1	2	1	0	0
C1-33	34	21	7	12	10	1	1	4	7	0	1	0	1	1	0	0
C1-34	72	1	4	6	3	tr	2	0	0	0	3	2	3	2	1	1
C1-35A	73	1	4	6	4	0	1	0	0	0	2	2	3	2	1	1
C1-36A	68	tr	5	8	4	tr	3	0	2	1	3	2	1	1	1	1
C1-37	74	3	4	4	3	0	2	1	0	0	4	2	2	1	0	0
C1-38	67	4	7	4	3	tr	3	tr	0	0	3	2	3	2	1	1
C1-39	62	1	6	6	5	1	3	1	0	0	4	2	4	3	1	1
C1-40	69	3	4	6	3	1	2	1	0	1	3	2	2	1	1	1
C1-41	60	3	5	10	7	tr	2	1	1	0	3	2	3	1	0	2
C1-42	75	1	5	4	3	0	2	1	0	1	3	1	2	1	tr	1
C1-43A	73	1	5	3	2	tr	1	1	0	0	5	3	3	2	tr	1
C1-44	63	tr	4	8	4	tr	3	1	1	1	6	3	3	2	tr	1
C1-45	36	21	7	9	5	0	4	4	0	0	5	3	2	1	1	2
C1-46	80	1	3	4	2	0	1	2	0	0	3	1	1	1	0	1

Qtz - Quartzo; KFe - Feldspato potássico; Plg - plagioclase; Cau - caulinite; Clor - Clorite; SmNa - esmectite sódica; Opal Cristobalite-Tridymite; Calc - Calcite; Dol - dolomite; Anid - Anidrite; Bro - brokite; Fe<sub>ox</sub> - óxidos de ferro; Fe<sub>sulf</sub> - sulfatos de ferro; Gal - galena; Pir - pirite; tr - traço



Análise do Quadro 5.3 permite concluir que as amostras, no que diz respeito aos minerais não argilosos, são constituídas essencialmente por quartzo, feldspato potássico, feldspato calcosódico (plagioclase) e micas (moscovite e biotite). As amostras apresentam como minerais acessórios anidrite, pirite, brookite, calcite, óxido de ferro e sulfato de ferro. No que diz respeito aos minerais de argila foi possível observar a existência de caulinite, esmectite e clorite. De referir que o solo na zona em estudo é do tipo cambissolo e que geologicamente a zona em estudo é dominada pela Formação de São João de Ver caracterizada pela ocorrência de micaxistos e xistos ardosíferos.

### 5.2.2. Caracterização geoquímica das amostras de solo

Neste capítulo pretende-se analisar os resultados das análises químicas das amostras de solo, individualmente e por comparação, de modo a fornecer um conjunto de medidas e parâmetros de síntese, com objetivo de descrever e caracterizar as anomalias existentes na área em estudo.

No Anexo VI, é apresentado um conjunto de dados obtidos pelo método de análise química, que engloba 70 indivíduos e 44 variáveis, correspondentes aos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Sc, LOI, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl e Se. As terras raras (lantanídeos) não foram contabilizadas no respetivo estudo embora também estejam referenciadas no anexo referido.

Dos dados apresentados, a primeira coluna corresponde ao número de amostras e a segunda coluna corresponde à identificação atribuída a cada amostra, com base nas campanhas realizadas. A coluna M e P dizem respeito às coordenadas das amostras de solo, enquanto as colunas consequentes apresentam os teores dos respetivos elementos.

### 5.2.3. Utilização da análise descritiva univariada no estudo das relações e distribuição das variáveis

A estatística descritiva, também chamada por vezes Análise Exploratória de Dados, desenvolveu um conjunto de medidas de síntese e de representações gráficas cujo objetivo é descrever e resumir um conjunto de dados e pesquisar as estruturas e anomalias presentes. Como regra, pretende-se que as medidas de síntese sejam robustas (resistentes) face aos valores anómalos (outliers) que possam ocorrer nos dados.

A Estatística Descritiva desenvolveu um conjunto de medidas de síntese e de representação gráficas cujo objetivo é descrever e resumir um conjunto de dados e pesquisar as estruturas anómalas presentes (Sousa, 1999).

Para cada elemento foi efetuado tratamento estatístico univariado onde se calcularam a média, a mediana, o mínimo e o máximo, os valores dos percentis 10, 15, 75, 90 95 e 97.5 assim como o desvio padrão e o coeficiente de assimetria (Quadro 5.4). Paralelamente foram também efetuadas representações gráficas como os histogramas e os diagramas de extremos e quartis (Box Plots). Para o tratamento estatístico univariado utilizou-se o programa *Statistica* 8.0. Os parâmetros estatísticos (média, mediana, mínimo, e máximo) calculados para os teores totais de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cs, Cu, Ga, Hf, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr nos solos estão apresentados no Quadro 5.4. Os dados foram comparados com os valores propostos por Ferreira (2004) para cambissolos.

**Quadro 5.4** - Estatística descritiva do conjunto de dados analíticos (as variáveis Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cs, Cu, Ga, Hf, Hg, LOI, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr em ppm e SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em %).

Var	Med	Medn	Mín	P <sub>10</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>97.5</sub>	Max	DP	CV	CA
SiO <sub>2</sub>	59.16	58.66	44.8	54.04	55.79	62.12	65.18	68.54	69.51	71.81	4.87	8.23	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.93	17.11	11.53	14.44	16.04	18.06	18.93	19.71	21.52	23.19	1.86	10.99	0.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.68	5.66	1.79	3.96	4.96	6.44	7.23	8.1	9.22	13.43	1.63	28.59	1.35
MgO	0.90	0.88	0.22	0.6	0.71	1.01	1.22	1.35	1.99	2.24	0.32	35.34	1.57
CaO	0.39	0.33	0.07	0.14	0.21	0.48	0.74	0.81	1.18	1.3	0.25	64.53	1.51
Na <sub>2</sub> O	0.57	0.44	0.1	0.32	0.35	0.61	1.1	1.22	1.75	1.82	0.35	61.12	1.86
K <sub>2</sub> O	2.43	2.33	1.03	1.95	2.17	2.63	2.87	3.36	4.92	5.14	0.61	25.21	2.10
TiO <sub>2</sub>	0.76	0.77	0.31	0.56	0.68	0.85	0.93	0.98	1.29	1.6	0.19	24.43	1.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41	0.37	0.09	0.17	0.25	0.52	0.72	0.89	1.01	1.07	0.22	52.46	1.00
MnO	0.05	0.05	0.01	0.02	0.03	0.06	0.08	0.09	0.12	0.2	0.03	60.67	2.11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0	26.76	0.13
LOI	12.53	13.2	3.2	7.75	9.7	14.8	16.35	17.6	19.1	21.7	3.59	29.03	-0.26
Ag	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.13	28.66	1.15
As	57.9	48.1	10.6	34.9	40.4	61.3	105.0	119.6	129.3	172.2	29.17	75.48	1.68
Au	10.1	7.3	1.1	2.2	3.6	13.5	18.4	29.0	43.8	53.4	9.58	50.39	2.39
Ba	366.7	370.0	156.0	275.0	333.0	406.0	460.0	485.0	504.0	558.0	71.84	94.86	-0.24
Be	2.2	2.0	0.5	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0	0.86	19.59	1.24
Bi	0.9	0.8	0.1	0.5	0.6	1.1	1.6	1.8	2.5	2.5	0.48	39.76	1.46
Cd	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.13	53.07	1.62
Co	10.6	9.9	3.3	6.4	8.5	11.8	13.2	13.7	16.3	60.4	6.55	72.41	6.48
Cs	8.9	8.8	4.2	7.1	7.9	9.9	11.0	12.0	14.4	15.1	1.88	61.63	0.61
Cu	143.0	121.7	14.9	43.0	67.1	214.2	257.5	274.2	348.6	538.8	94.43	21.05	1.27
Ga	20.0	20.3	12.7	17.0	18.4	21.4	22.9	23.7	24.5	25.1	2.36	66.06	-0.40
Hf	5.5	5.5	3.1	4.4	5.0	5.9	6.5	6.7	7.0	7.5	0.83	11.80	-0.40
Hg	0.6	0.3	0.0	0.1	0.1	0.7	1.5	2.3	3.2	6.2	0.93	15.28	3.78
Mo	0.7	0.6	0.1	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.6	0.26	148.93	1.66
Nb	11.6	11.7	6.6	10.3	10.9	12.1	13.0	13.6	14.1	14.4	1.28	39.53	-0.85
Ni	24.8	24.6	3.8	16.0	21.0	28.9	32.1	36.2	41.5	47.5	7.31	11.10	0.09
Pb	187.5	138.1	8.7	36.0	72.7	244.7	437.0	542.2	645.3	659.3	154.67	29.50	1.39
Rb	124.0	114.7	55.5	97.2	103.1	132.1	170.1	201.6	228.0	232.1	34.07	82.47	1.39
Sb	0.9	0.6	0.1	0.2	0.3	1.0	1.6	2.1	4.2	9.8	1.27	27.48	5.47
Sc	16.84	16.0	8	12	15	19	20.5	23	27	46	4.89	143.05	3.07
Se	0.69	0.70	0.25	0.25	0.25	0.80	1.20	1.30	1.40	1.80	0.34	49.84	0.56
Sn	21.8	17.5	2.0	8.0	12.0	27.0	39.0	61.0	71.0	84.0	15.57	71.41	2.05
Sr	36.8	35.4	17.3	28.1	30.4	40.7	50.7	55.4	66.4	69.1	9.87	26.86	1.11
Ta	1.1	1.1	0.6	0.9	1.0	1.1	1.6	1.7	2.1	2.3	0.3	26.34	1.71
Th	11.8	11.4	5.5	9.8	10.5	12.8	13.7	15.5	19.3	30.1	3	25.39	3.43
Tl	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.09	23.62	0.36
U	6.5	5.4	2.9	4.5	4.8	6.7	8.4	9.9	26.5	28.1	3.95	61.30	4.43
V	117.5	118.5	18.0	75.5	99.0	135.0	154.5	161.0	198.0	285.0	36.97	31.45	0.95
W	6.9	5.2	2.9	3.6	4.2	5.9	9.8	14.5	39.4	41.6	6.97	101.46	4.10
Y	27.0	26.4	12.8	21.4	23.5	29.3	31.9	33.8	38.3	70.1	6.92	25.66	3.41
Zn	115.2	107.5	30.0	65.0	91.0	133.0	168.5	189.0	295.0	323.0	48.81	42.38	1.82
Zr	177.8	178.5	90.5	144.3	166.9	198.4	208.4	213.2	240.0	249.1	29.13	16.39	-0.71

Med – Média; Min – Mínimo; Medn – Mediana; Max – Máximo; Var – Variância; DP – Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação; CA – Coeficiente de Assimetria;

Da análise do Quadro 5.4 podemos constatar que:

- as variáveis que apresentam maior assimetria na distribuição são as variáveis restantes, em que o As, Au, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn, U, Zn, apresentam valores da média e da mediana (medidas de posição) indicando claramente a existência de valores anômalos (outliers);

- a informação que o desvio padrão dá sobre a variabilidade deve ser entendida como a variabilidade que é apresentada relativamente à média. Assim sendo as variáveis que têm maior variabilidade relativamente à média são o Pb > Cu > Ba > Zn > V > Rb > As > Zr > Sn > Sr > Au > Ni > W > Y > Co > Sc > SiO<sub>2</sub> > U > LOI > Th;
- as variáveis MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, MnO, As, Au, Cd, Co, Hg, Mo, Sb, Sc, Sn, Ta, Th, W, Y e Zn apresentam valores de coeficiente de assimetria superiores a 1.5 mostrando claramente que estamos em presença de distribuições assimétricas positivas;
- os valores da mediana para a maioria dos elementos é superior aos valores estabelecidos por Ferreira (2004) para cambissolos.

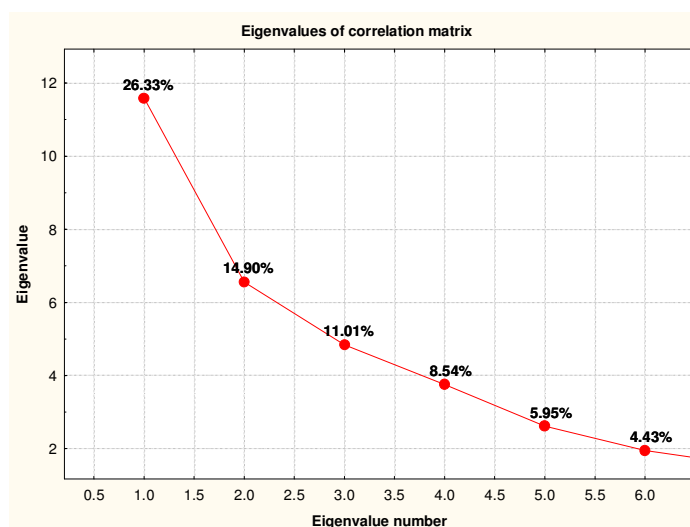
#### 5.2.4. Análise em Componentes Principais (ACP)

Com objetivo de caracterizar a área em estudo, utilizou-se uma técnica estatística multivariada, a Análise em Componentes Principais com recurso ao software *Statistica 8.0*. O conjunto de dados de partida utilizado, com o intuito de separar a componente geologia da componente antrópica (associada à atividade vidreira), é constituído por uma matriz de 70 amostras por 44 variáveis ativas.

As variáveis ativas consideradas foram as seguintes: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sc, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se e LOI (perda por ignição). O resultado da Análise de Componentes Principais encontra-se no Quadro 5.5, que apresenta os valores próprios, a variância explicada de cada fator e a respetiva variância acumulada. Como se pode verificar pela análise do Quadro 5.5 os primeiros 6 fatores explicam 71,71% da inércia total. A Figura 5.19 apresenta graficamente a variância explicada para cada fator.

**Quadro 5.5-** Valores próprios e variância explicada pelos 6 fatores extraídos da matriz de dados brutos.

	Valores próprios	Variância Explicada %	Variância Explicada Acumulada %
Fator 1	11.59	26.33	26.33
Fator 2	6.56	14.90	41.24
Fator 3	4.84	11.01	52.25
Fator 4	3.76	8.54	60.79
Fator 5	2.62	5.95	66.74
Fator 6	1.95	4.43	71.17



**Figura 5.19 -** Representação dos 6 primeiros fatores da análise de ACP.

O Quadro 5.6 mostra as coordenadas das 44 variáveis nos 6 fatores retidos. A retenção do número de fatores atendeu a um critério empírico na base dos valores próprios superiores a 1 (Davis, 1973, 1986), levando à detenção de 6 fatores.

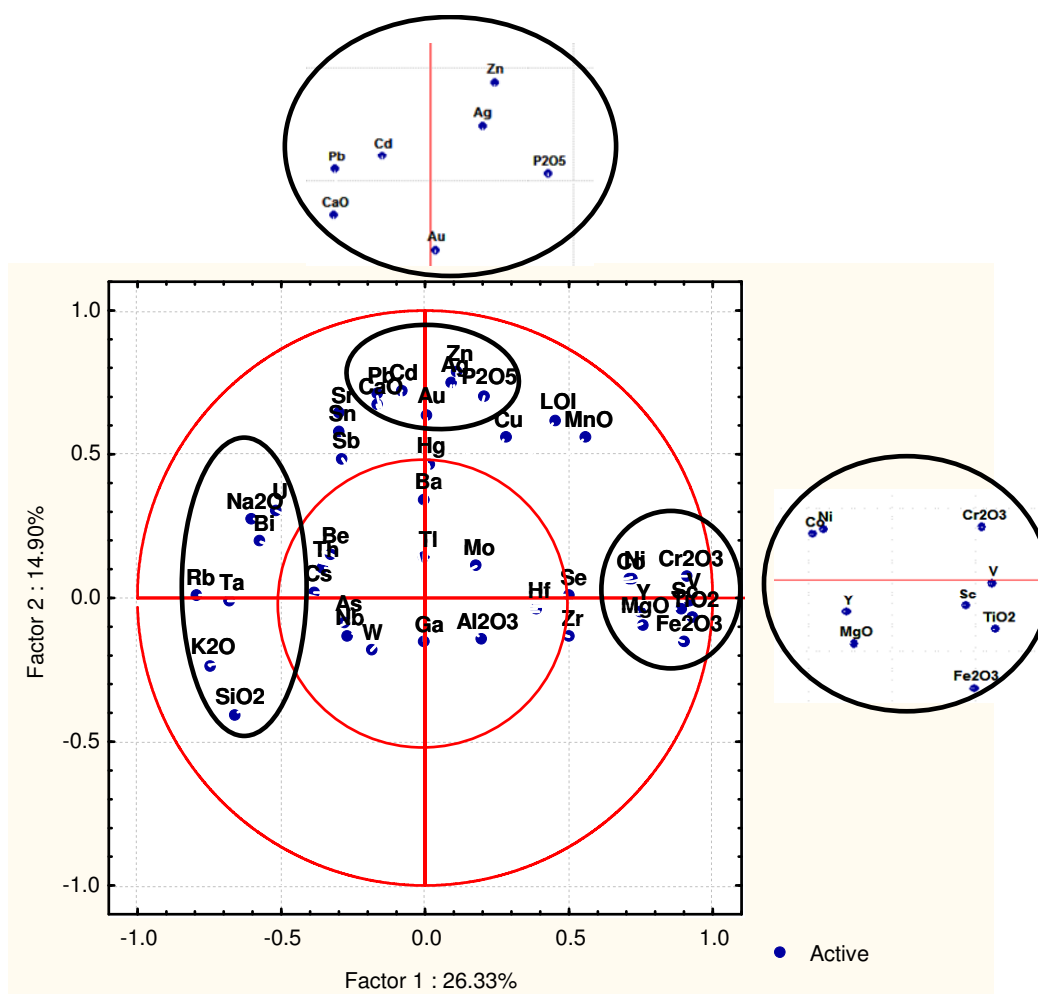
**Quadro 5.6** - Coordenadas das 44 variáveis dos seis primeiros fatores.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
SiO <sub>2</sub>	-0,661	-0,406	-0,361	0,209	-0,019	0,230
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,196	-0,145	0,793	-0,345	0,186	-0,103
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,899	-0,151	0,239	0,063	-0,080	0,085
MgO	0,754	-0,090	0,315	-0,207	-0,062	0,010
CaO	-0,168	0,671	0,145	-0,060	-0,287	-0,164
Na <sub>2</sub> O	-0,608	0,273	0,357	-0,159	-0,188	0,224
K <sub>2</sub> O	-0,751	-0,233	0,283	-0,118	0,090	-0,017
TiO <sub>2</sub>	0,925	-0,069	0,194	0,013	-0,041	0,210
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,205	0,707	-0,268	0,208	0,171	-0,231
MnO	0,558	0,557	0,126	-0,379	-0,206	-0,012
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,908	0,074	0,161	0,085	0,008	0,137
LOI	0,449	0,619	-0,140	-0,086	-0,008	-0,301
Ag	0,090	0,750	0,002	-0,193	0,290	0,258
As	-0,283	-0,084	0,026	0,389	-0,516	0,260
Au	0,009	0,641	0,010	-0,139	0,304	0,258
Ba	0,000	0,341	-0,016	0,463	0,545	0,232
Be	-0,325	0,154	0,579	0,183	-0,259	0,096
Bi	-0,571	0,196	-0,001	-0,182	-0,348	0,430
Cd	-0,085	0,722	-0,230	0,070	-0,198	-0,038
Co	0,705	0,064	0,194	-0,403	-0,308	0,052
Cs	-0,384	0,023	0,663	0,145	0,280	-0,168
Cu	0,280	0,557	-0,090	0,006	-0,172	-0,192
Ga	-0,001	-0,155	0,844	-0,224	0,183	-0,075
Hf	0,388	-0,037	0,259	0,775	0,014	0,121
Hg	0,011	0,466	0,201	-0,117	0,523	0,467
Mo	0,178	0,111	-0,222	0,607	0,017	-0,308
Nb	-0,272	-0,129	0,524	0,493	0,126	-0,113
Ni	0,718	0,071	0,202	0,360	0,149	0,019
Pb	-0,166	0,711	0,024	-0,054	0,108	0,207
Rb	-0,790	0,009	0,448	-0,260	0,022	-0,110
Sb	-0,287	0,484	0,208	0,096	-0,451	0,017
Sc	0,889	-0,037	0,261	-0,199	-0,145	0,128
Se	0,501	0,008	-0,206	-0,106	-0,313	-0,189
Sn	-0,300	0,580	0,048	-0,093	0,189	0,274
Sr	-0,300	0,642	0,132	0,268	-0,094	-0,211
Ta	-0,684	-0,010	0,479	-0,109	0,103	-0,085
Th	-0,354	0,104	0,345	0,549	-0,277	0,104
Tl	-0,001	0,138	0,447	0,295	-0,201	-0,165
U	-0,516	0,307	0,449	0,098	-0,385	-0,027
V	0,920	-0,005	0,232	0,015	-0,041	0,169
W	-0,188	-0,183	-0,327	0,119	-0,338	0,608
Y	0,746	-0,045	0,352	0,012	-0,263	0,137
Zn	0,111	0,787	-0,175	0,203	-0,027	-0,131
Zr	0,500	-0,135	0,177	0,737	0,136	0,149

Cor vermelha (coordenadas > 0.500); Cor azul (coordenadas < -0.500)



O primeiro plano fatorial composto pelos fatores 1 e 2 (Figura 5.20) explica 41.23% da variância total.



**Figura 5.20 - Representação do 1º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 2).**



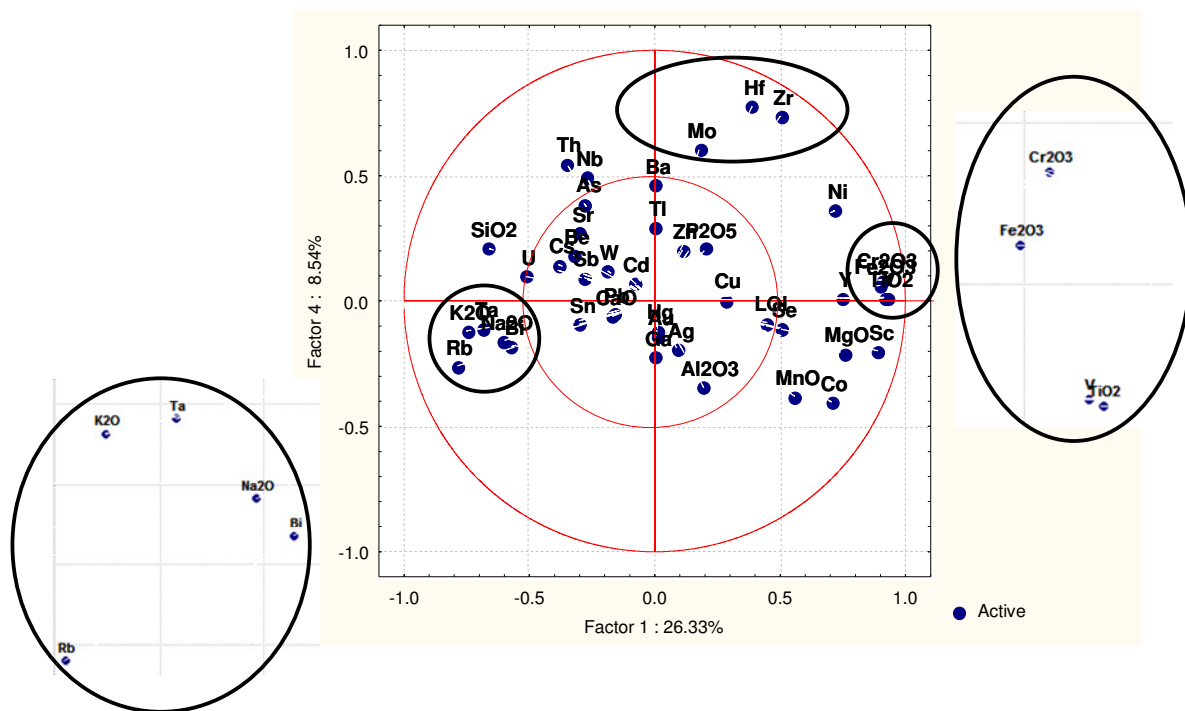


Figura 5.22 - Representação do 3º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 4).

O quarto plano fatorial composto pelos eixos 1 e 5 (Figura 5.23) tem uma variância total de 32.28%.

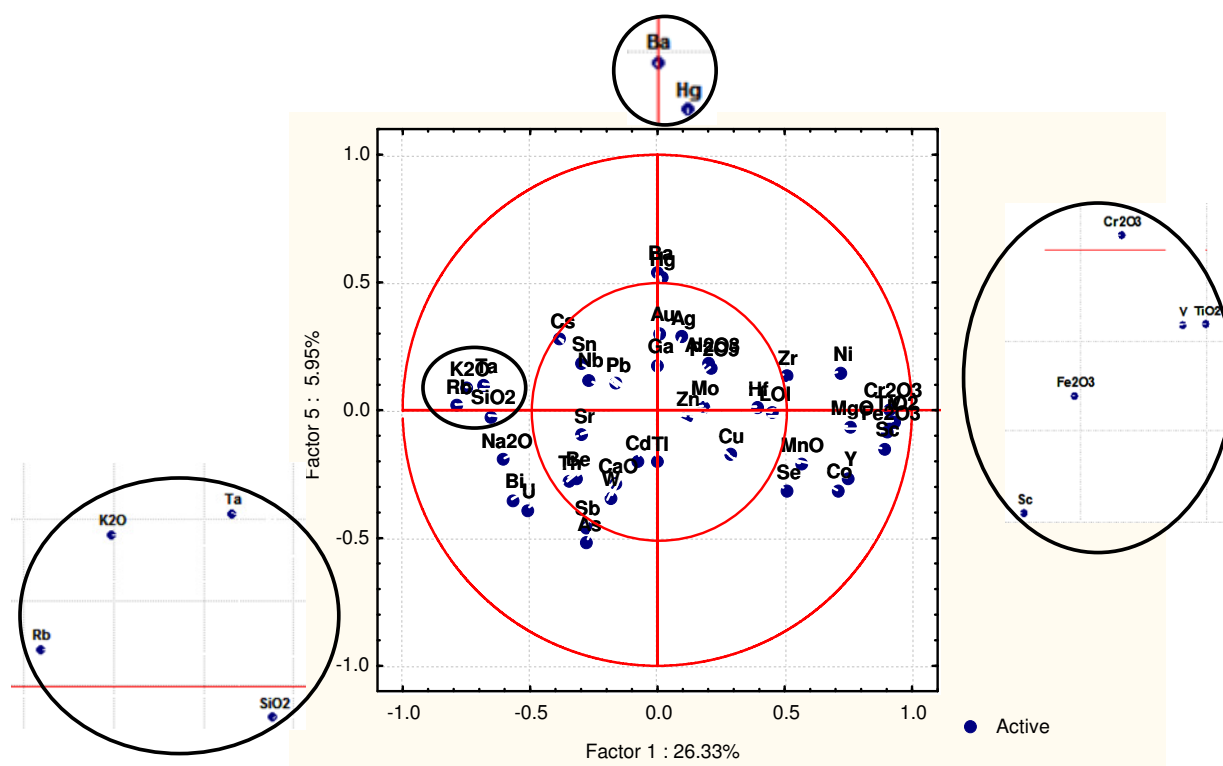
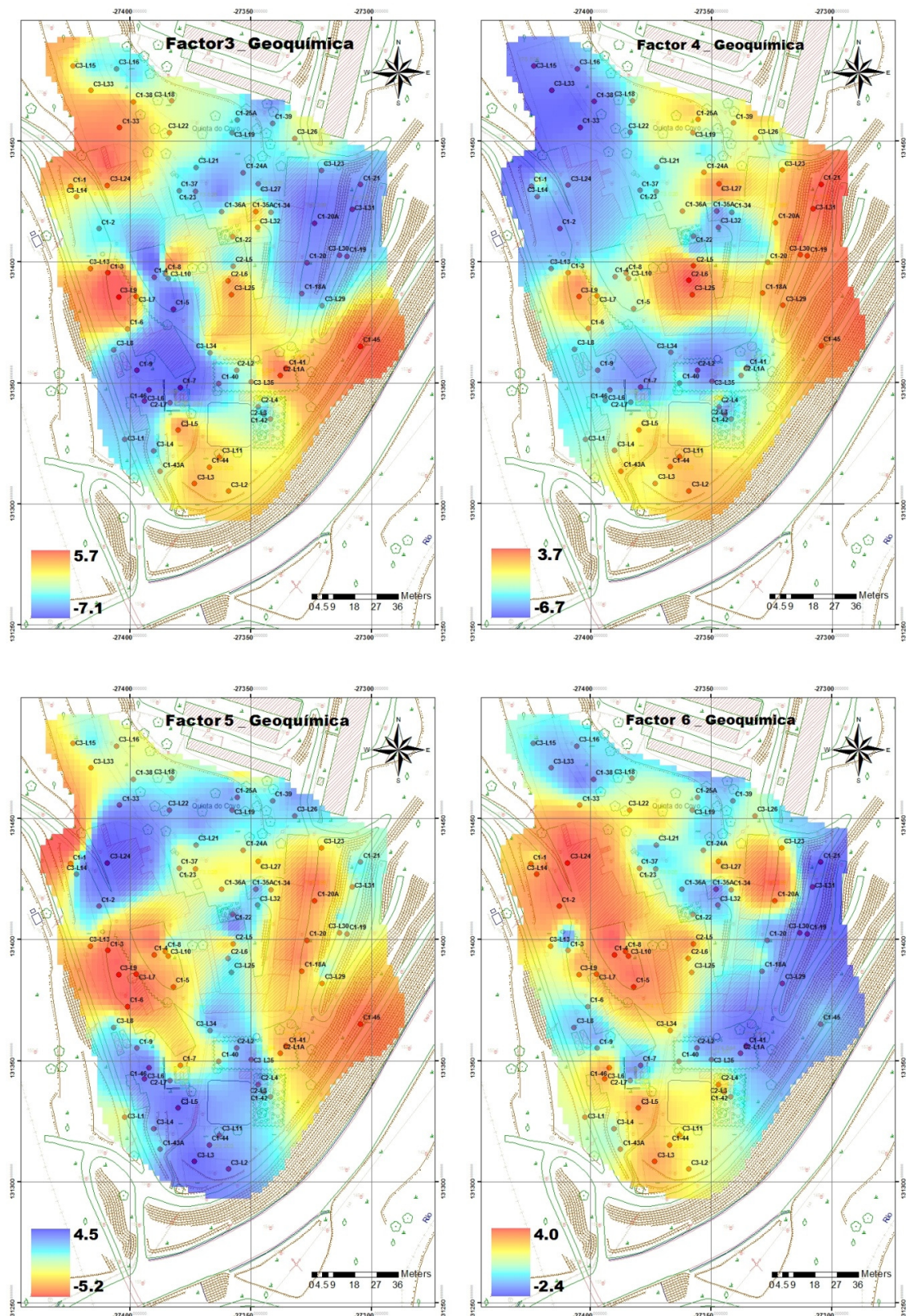


Figura 5.23 - Representação do 4º Plano Fatorial (Fator 1 versus Fator 5).

O fator 5, com uma variância de 5.95%, explica as variáveis Ba e Hg, com coordenadas positivas, em oposição à variável As com coordenada negativa.







**Figura 5.26** - Cartografia das coordenadas das amostras no fator 3, 4, 5, 6.

Indicam-se por ordem decrescente de coordenada os elementos em cada fator [F3 - Ga,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Cs, Be, Nb (valores positivos); F4 - Hf, Zr, Mo, Th (valores positivos); F5 - As (valores negativos); F6 - W (valores positivos)].

Os mapas foram efetuados utilizando como estimador a krigagem tendo por base uma análise geoestatística (utilizando o *software* Surfer). No anexo VIII estão representadas as coordenadas das amostras nos sistemas de fatores, obtidas através do *software* Statistica.

### 5.2.5. Distribuição espacial dos elementos químicos

A distribuição espacial dos teores de metais, num dado ambiente geológico, representa o produto final de uma serie de processos naturais no decurso dos quais podem ocorrer fenómenos de empobrecimento/enriquecimento. A introdução de quantidades variáveis de metais, e seus compostos, pelas atividades antrópicas, neste caso em particular pela atividade vidreira, vai afetar, mais ou menos drasticamente, os padrões naturais de migração em ambiente superficial (Moreno, 2000).

As figuras 5.27 a 5.70 apresentam a distribuição espacial das concentrações de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Sc, LOI, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl e Se nas amostras de solo, projetados sobre a carta que engloba a cartografia atual da área da Quinta do Côvo.

A análise comparada das figuras permite distinguir quatro tipos de distribuição:

- Para as variáveis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Ga,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Ni,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Sc, Matéria Orgânica, Co, V, Y e Se (Figura 5.27 a 5.39), os valores mais altos interpretando-se como uma anomalia, remetem-nos principalmente para o NW, Sul e a rodar a zona do picadeiro interior (Área 10 identificada na Figura 2.13). O contexto geológico local, xistos ardosíferos e micaxistos, pode explicar a associação destes elementos.
- Para as variáveis  $\text{K}_2\text{O}$ , Rb, Be,  $\text{CaO}$ , Hf, Cs, Sb,  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 5.40 a 5.47) os valores mais altos ocorrem principalmente a E e W do picadeiro interior. Estas zonas de localização poderão nos estar inferir uma possível atividade agrícola ou mesmo ocupação humana.
- As concentrações mais elevadas em As, Ba, Nb, Sr, Ta, Tl, Mo, Th, W,  $\text{SiO}_2$ , U, Zr, (Figura 5.48 a 5.59) são observadas do lado W do esporão. Aparentemente e pela associação dos elementos químicos é identificável uma escombreira em que se observaram restos, desperdícios, da produção vidreira assim como de material de construção, com características associáveis à sua integração numa estrutura de aquecimento, o que sugere que o espaço terá sido utilizado preferencialmente como depósito dos restos de produção e das estruturas industriais aquando do encerramento da fábrica e demolição dos seus edifícios.
- O  $\text{Na}_2\text{O}$ , Sn, Cu, Pb, Zn,  $\text{MnO}$ , Cd, Bi, Ag, Au e Hg, (Figura 5.60 a 5.70), os valores mais altos destes elementos químicos concentram-se a oeste do picadeiro interior a circundar toda a área da zona onde foi detetado o engenho hidráulico e por consequência uma possível mistura das matérias-primas.



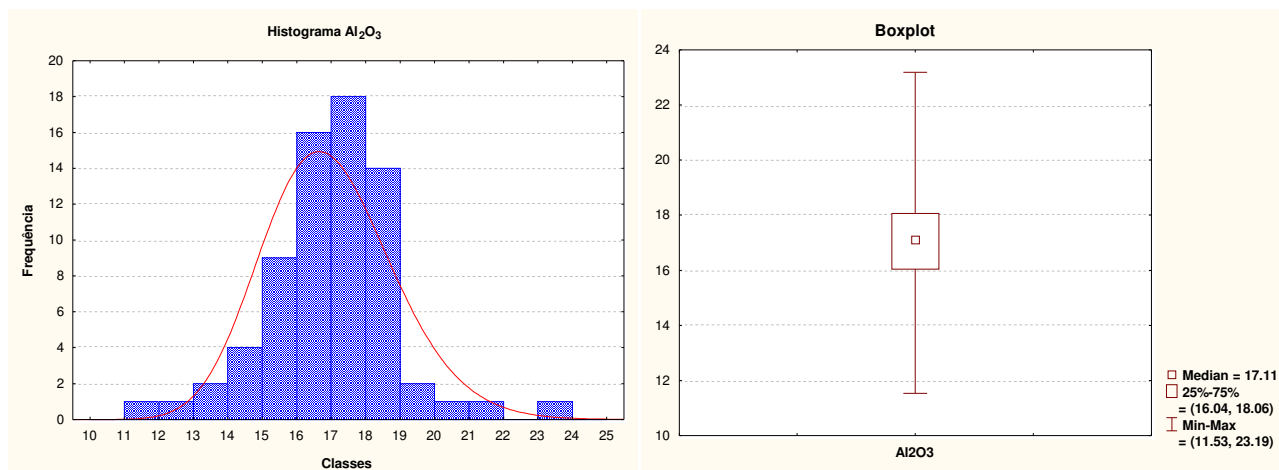
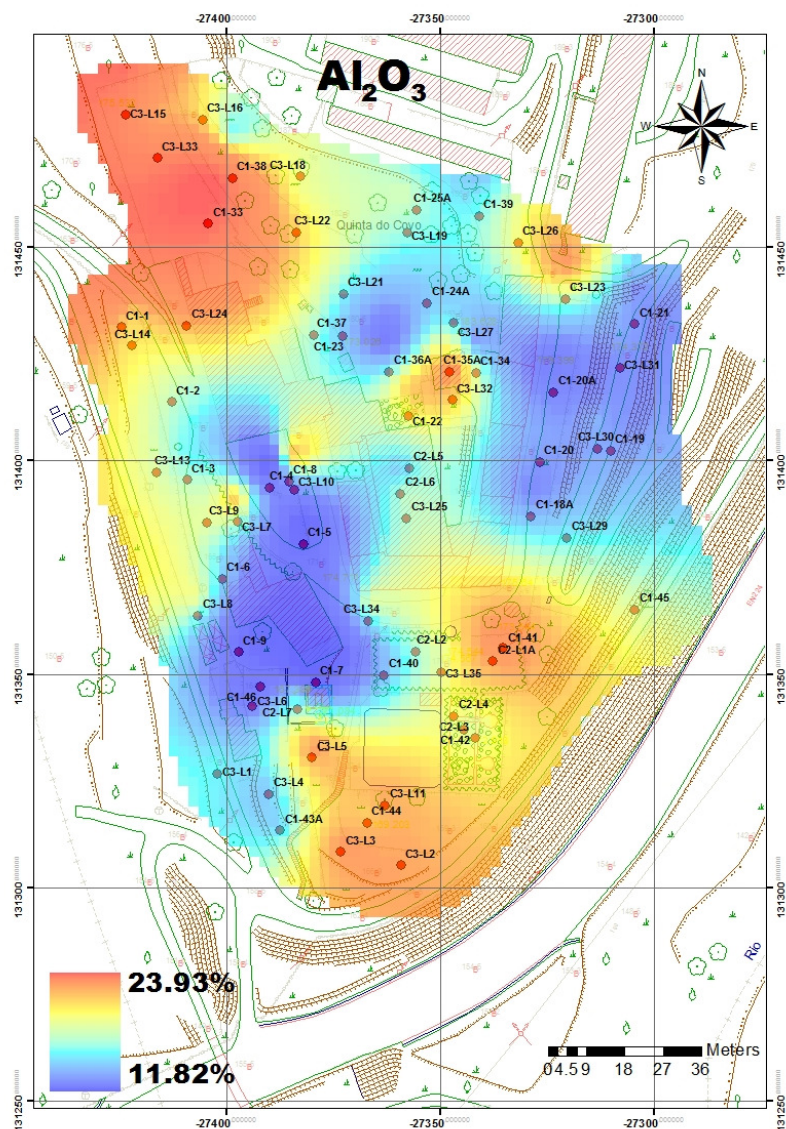


Figura 5.27 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável  $Al_2O_3$  (%).

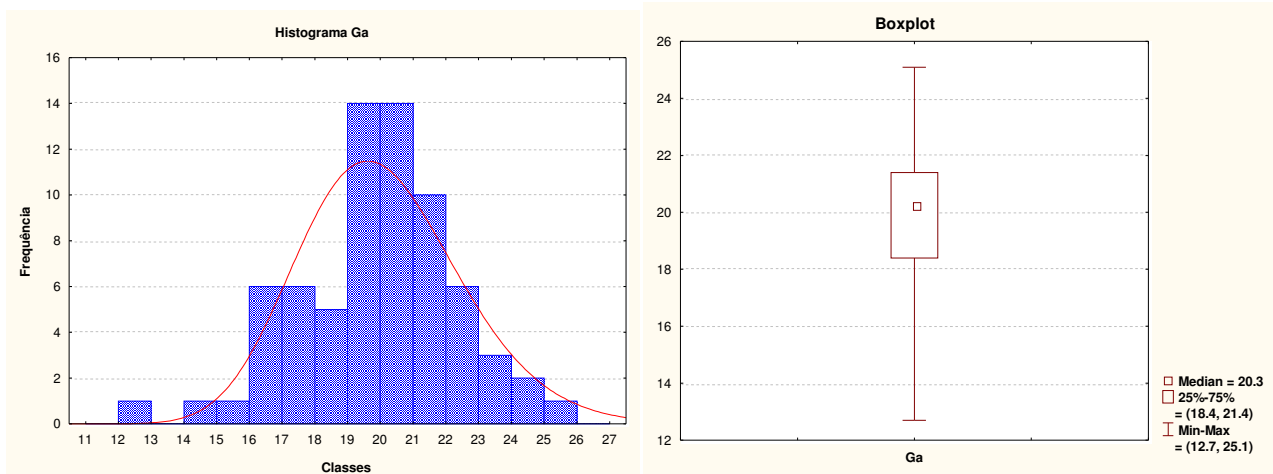
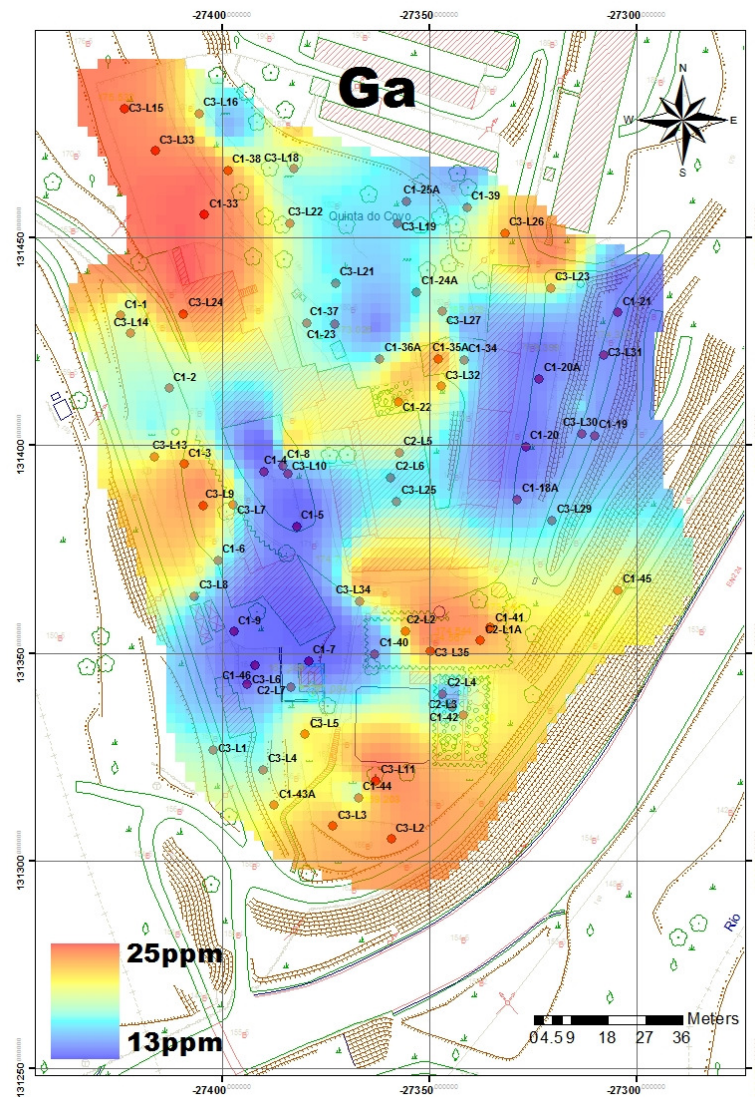


Figura 5.28 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ga (ppm).



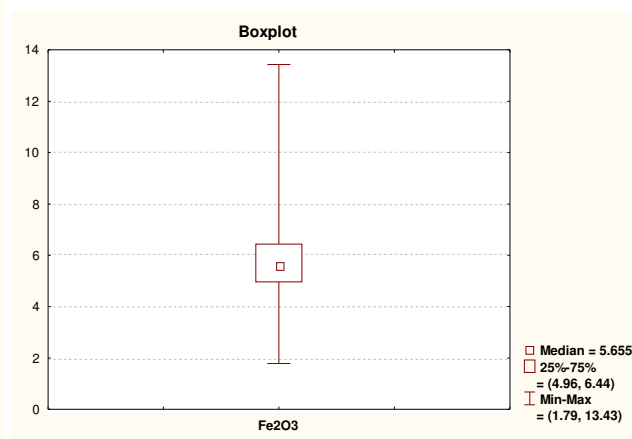
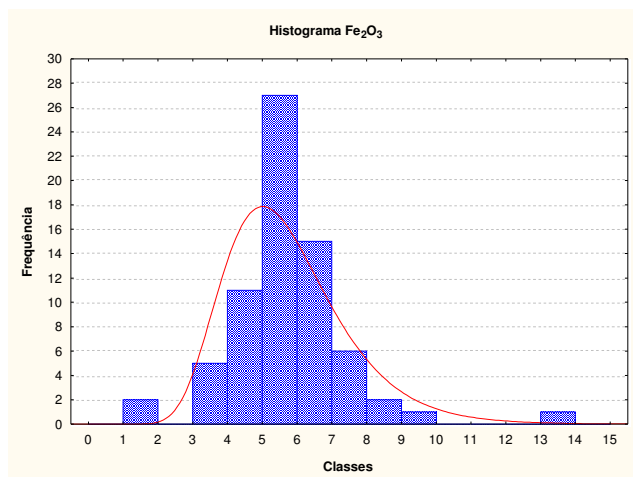
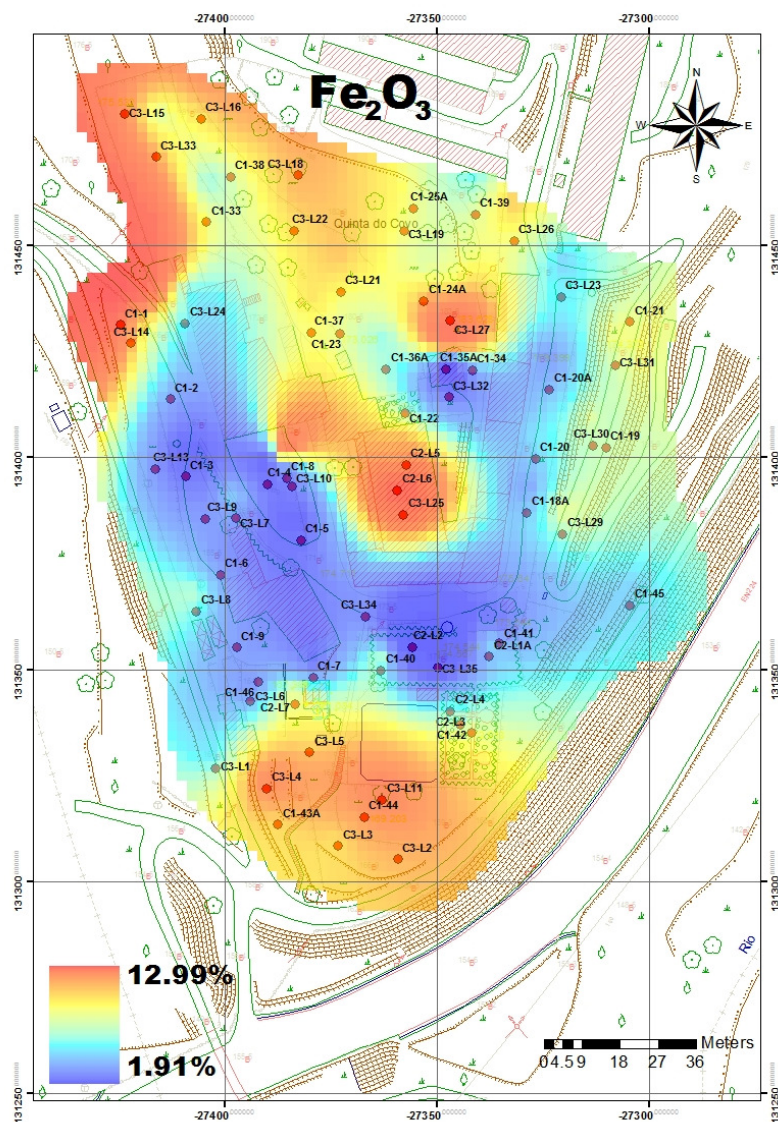


Figura 5.29 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (%).

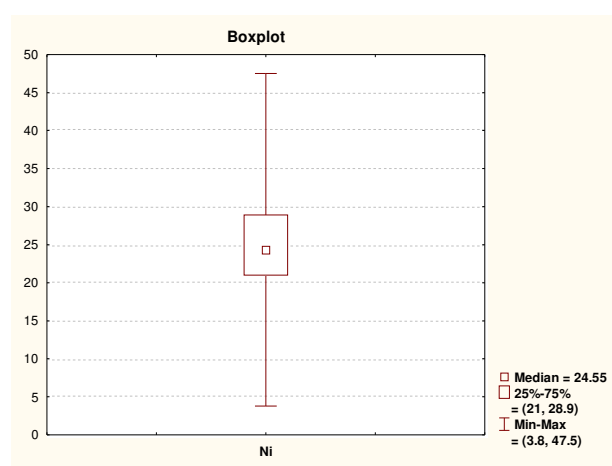
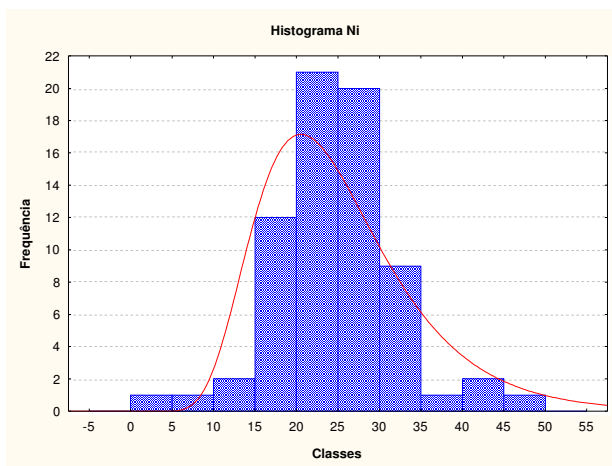
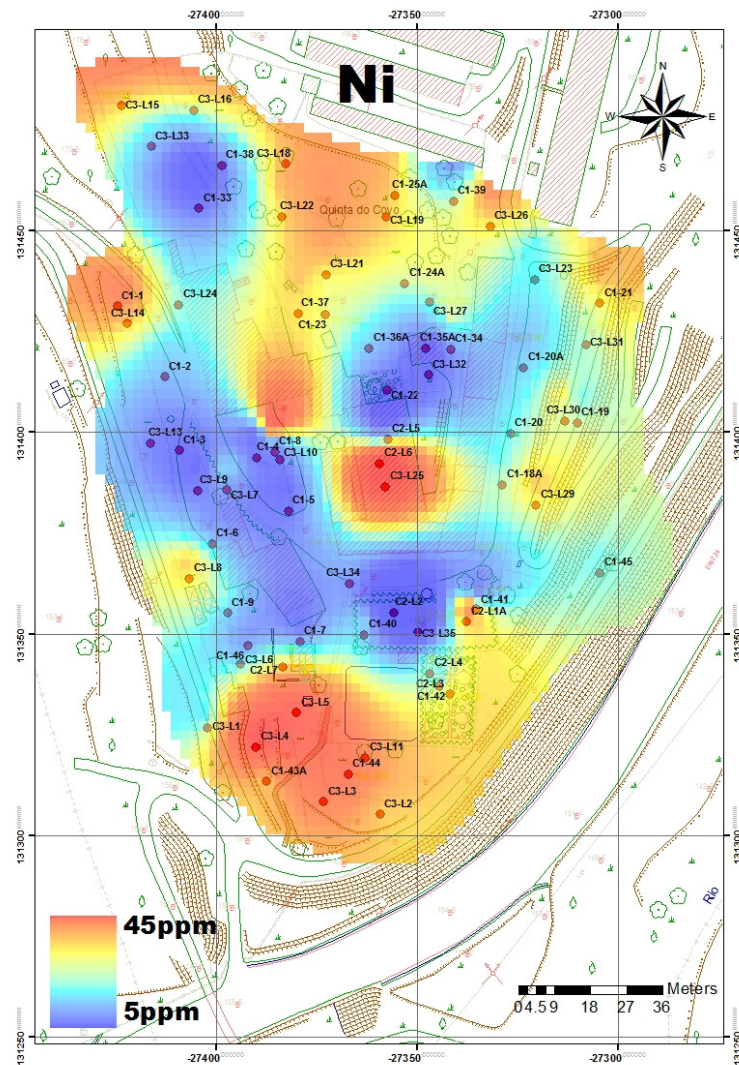


Figura 5.30 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ni (ppm).

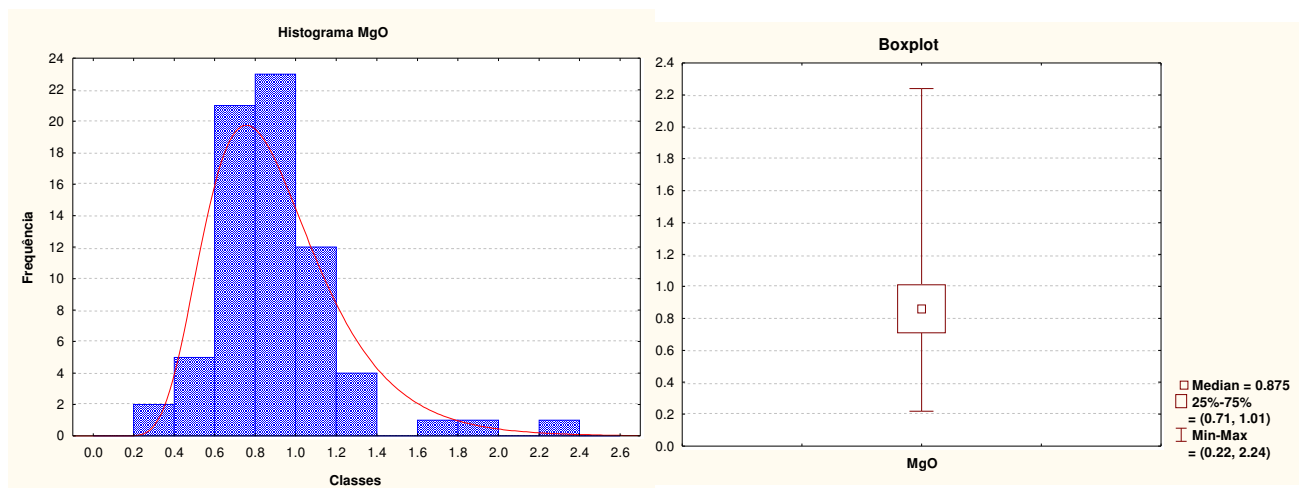
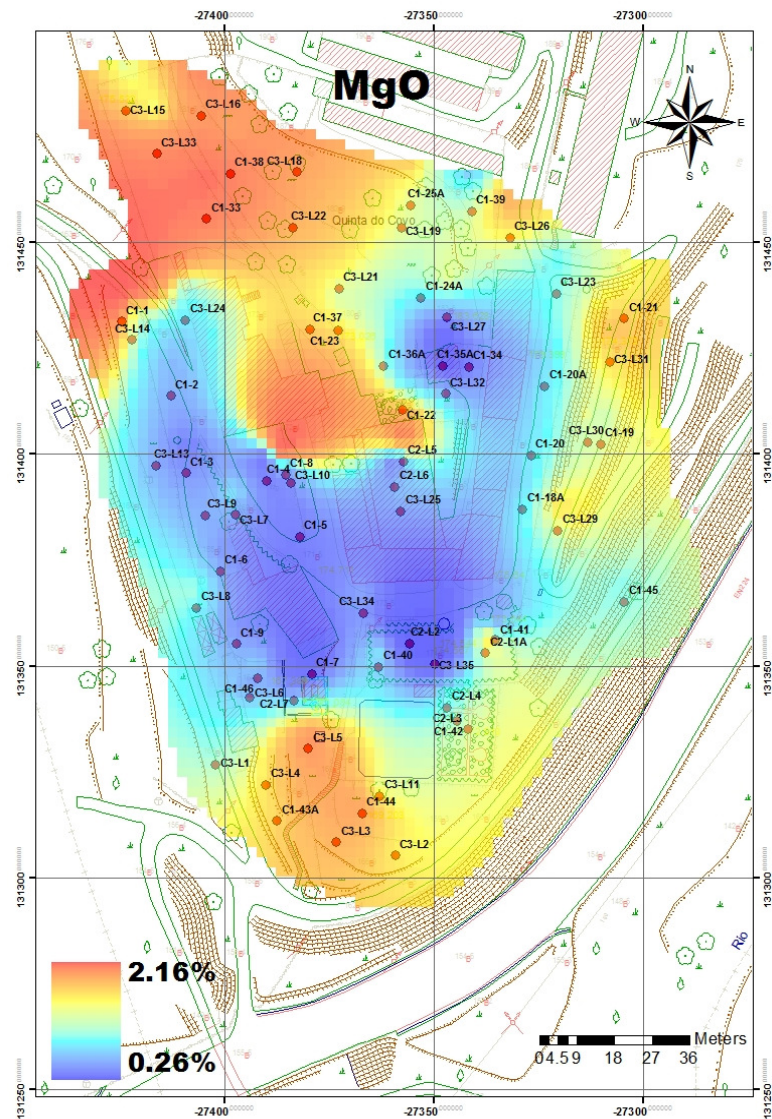


Figura 5.31 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável MgO (%).







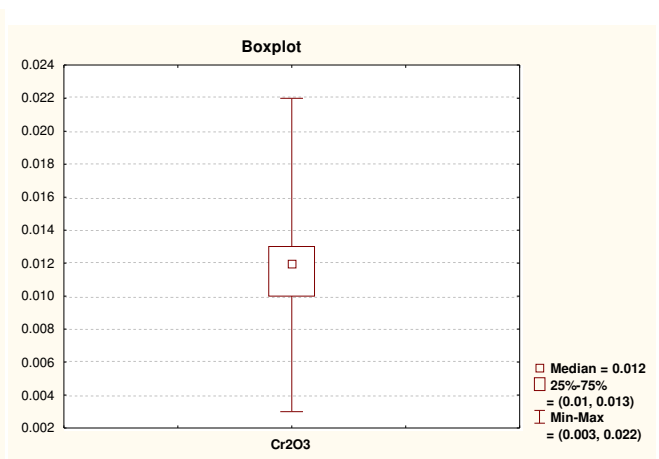
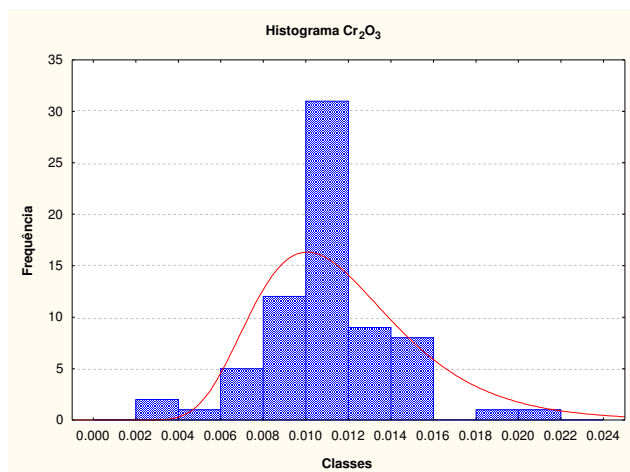
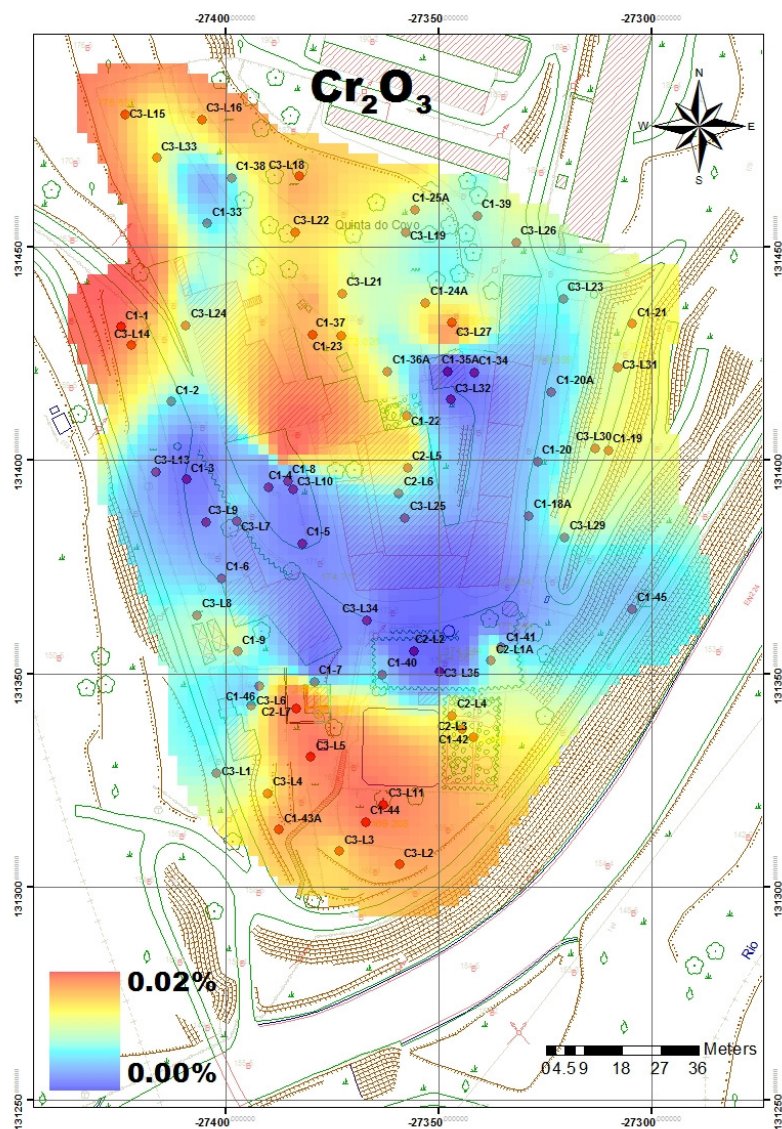


Figura 5.33 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%).

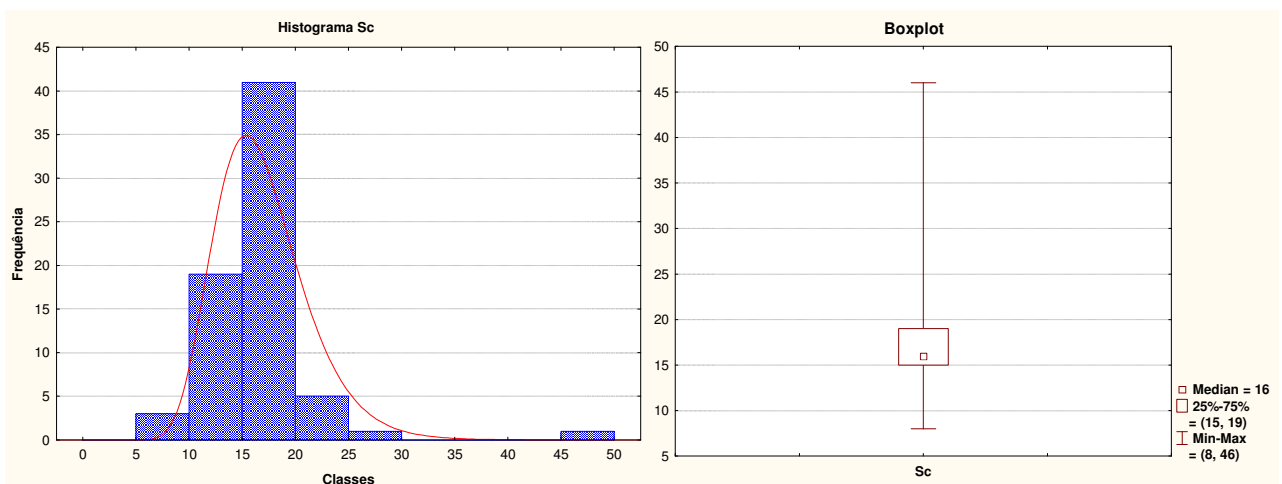
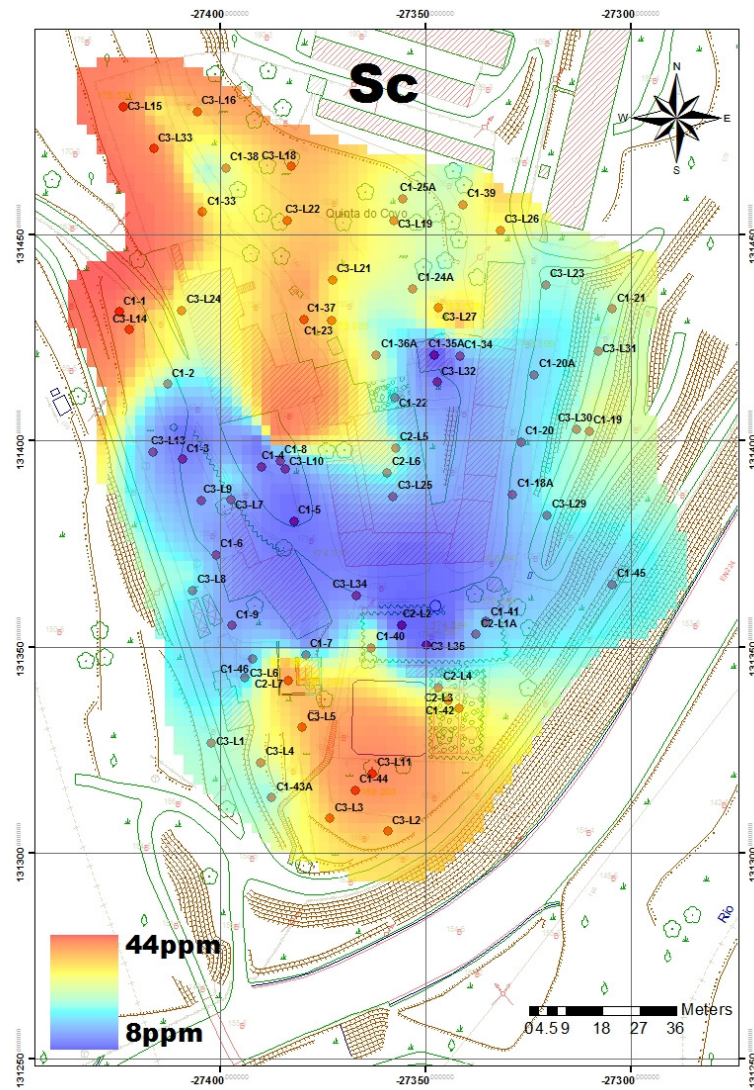


Figura 5.34 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sc (ppm).

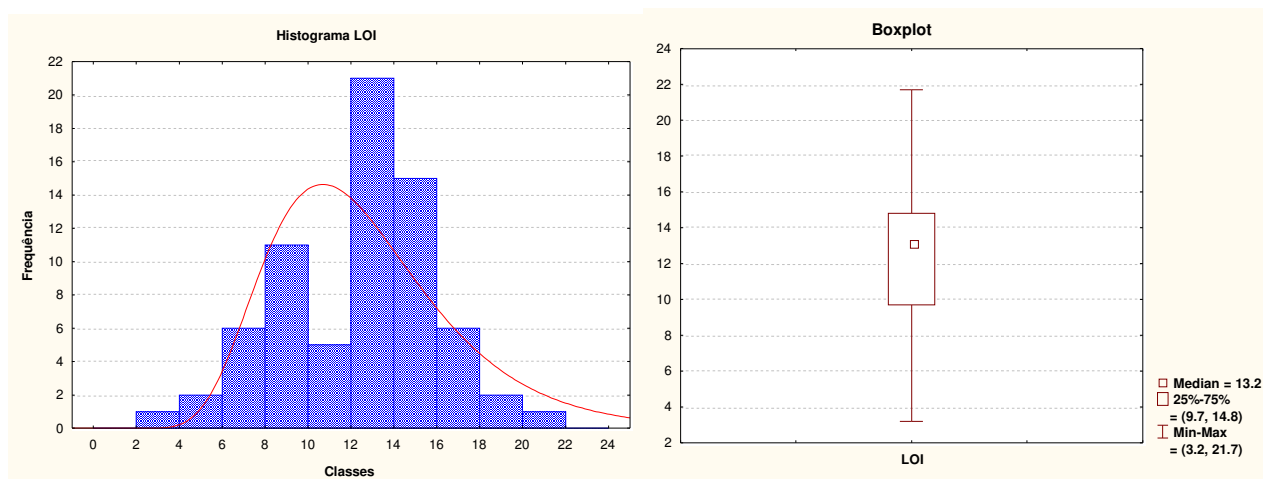
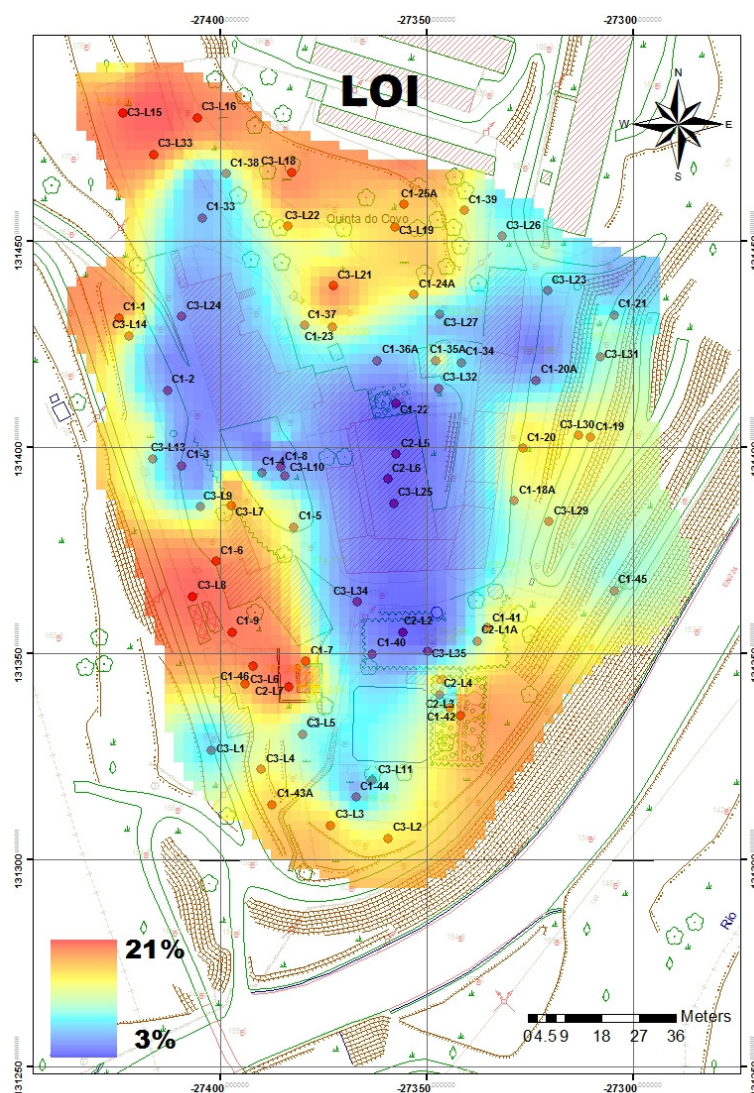


Figura 5.35 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável LOI (%).



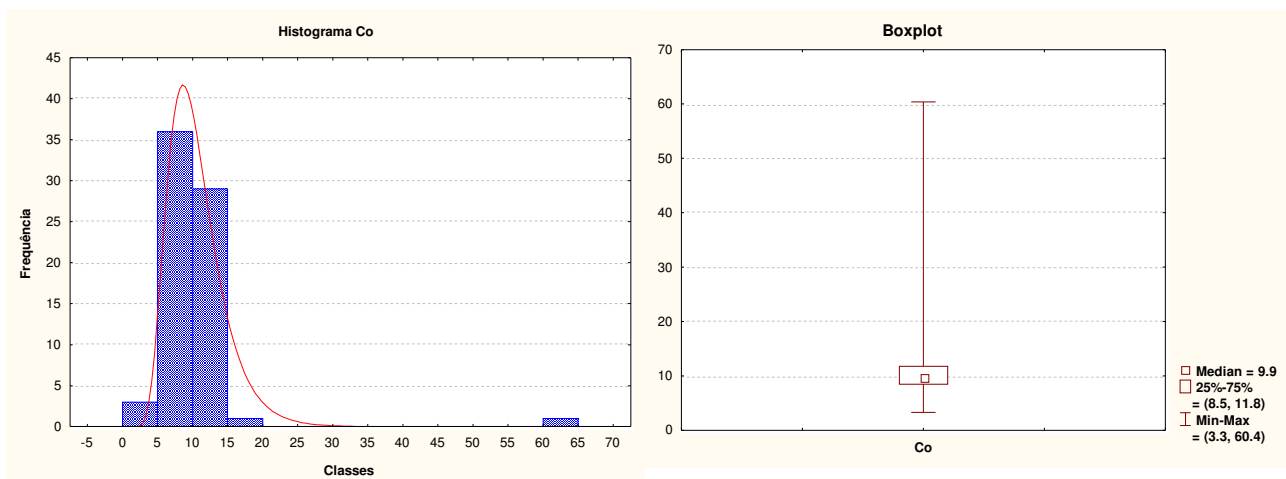
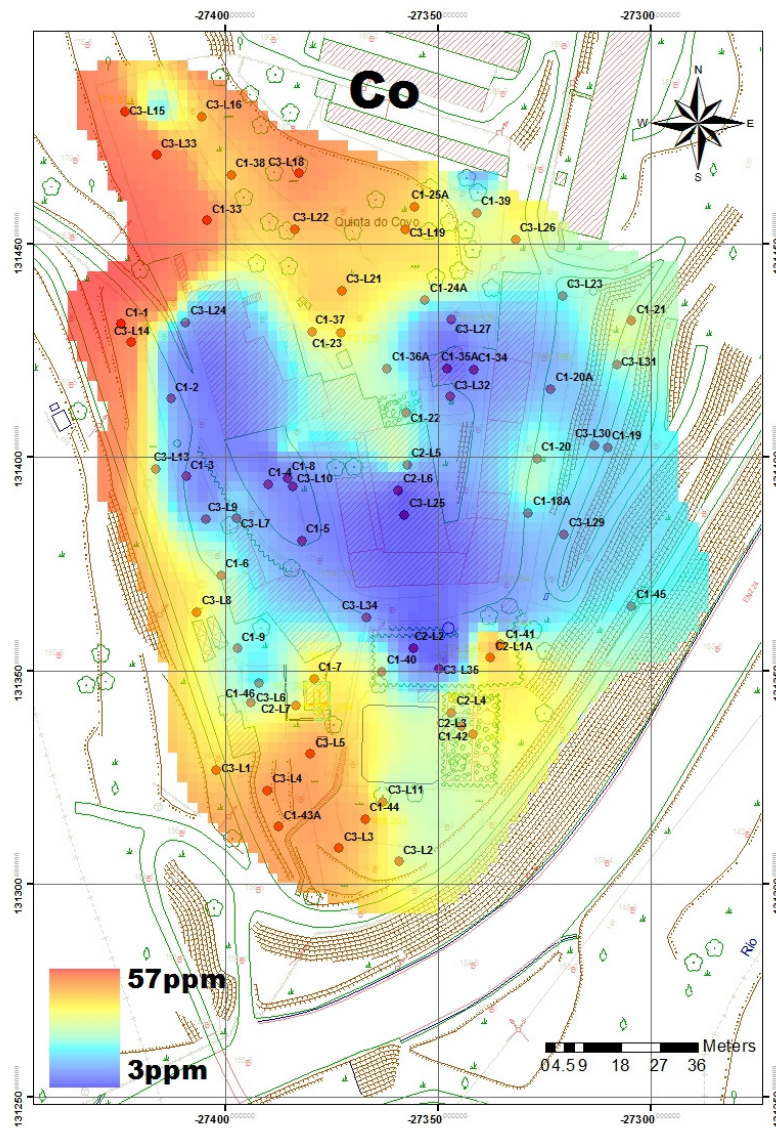


Figura 5.36 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Co (ppm).







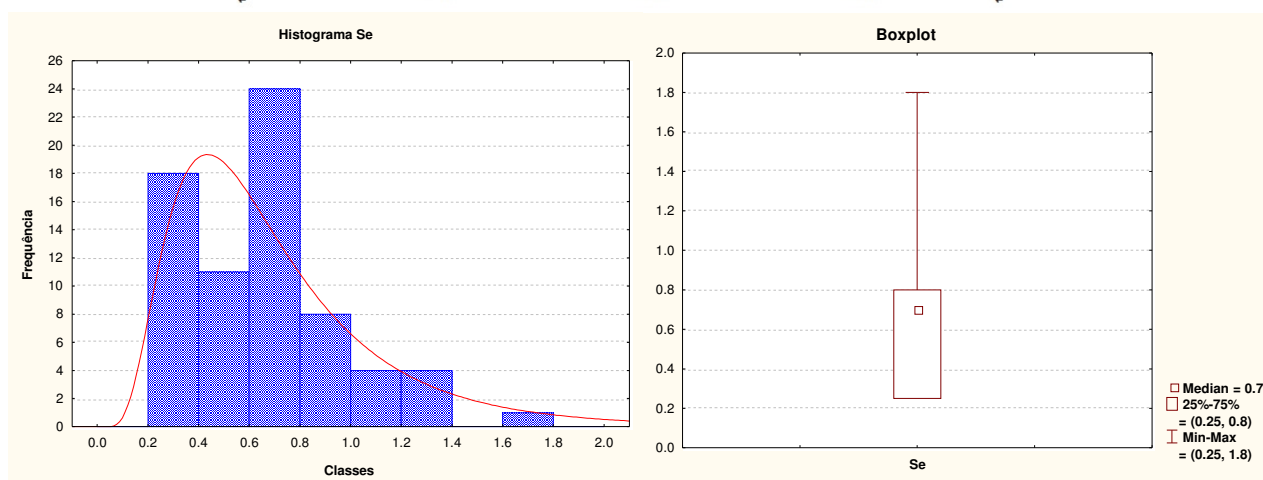
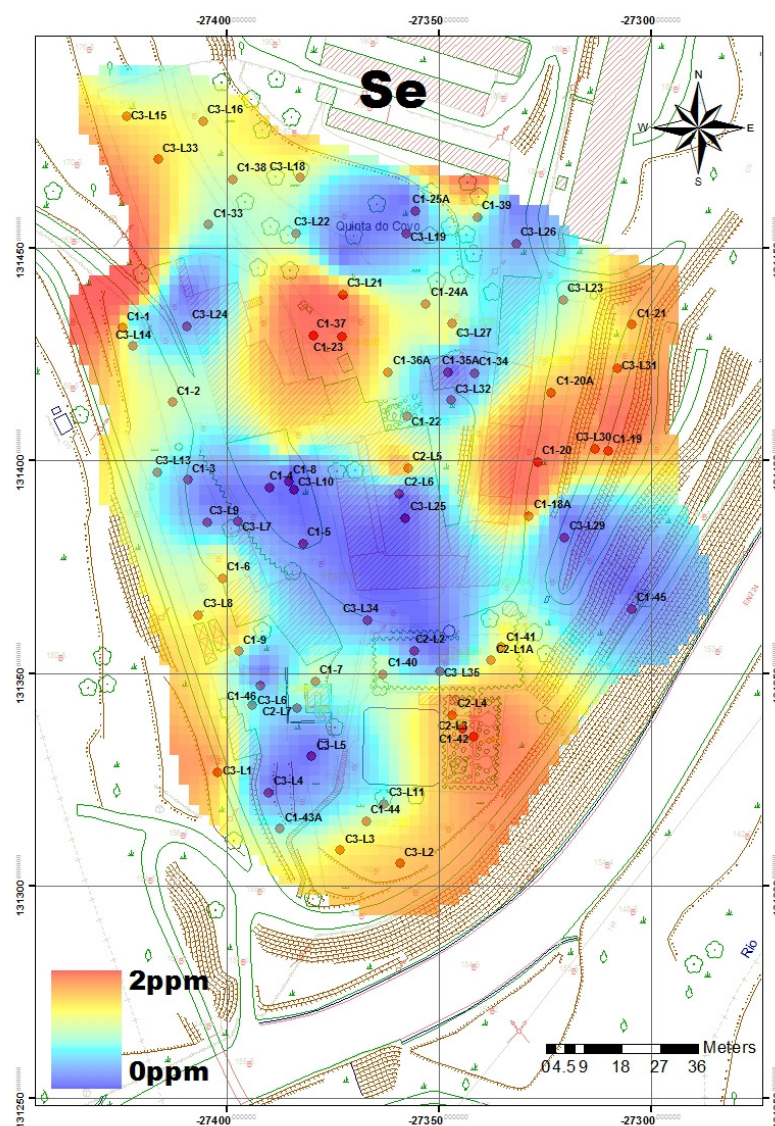
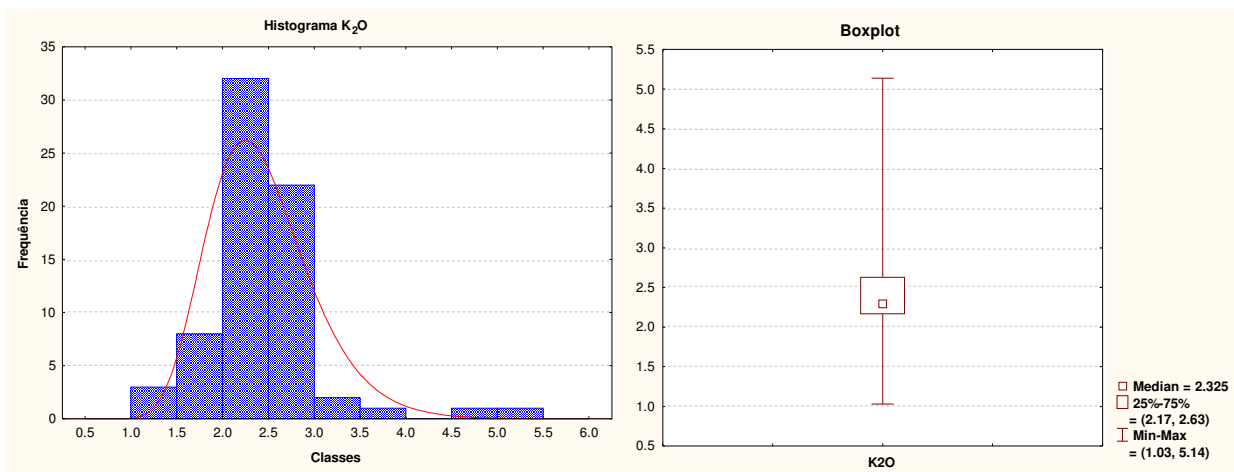
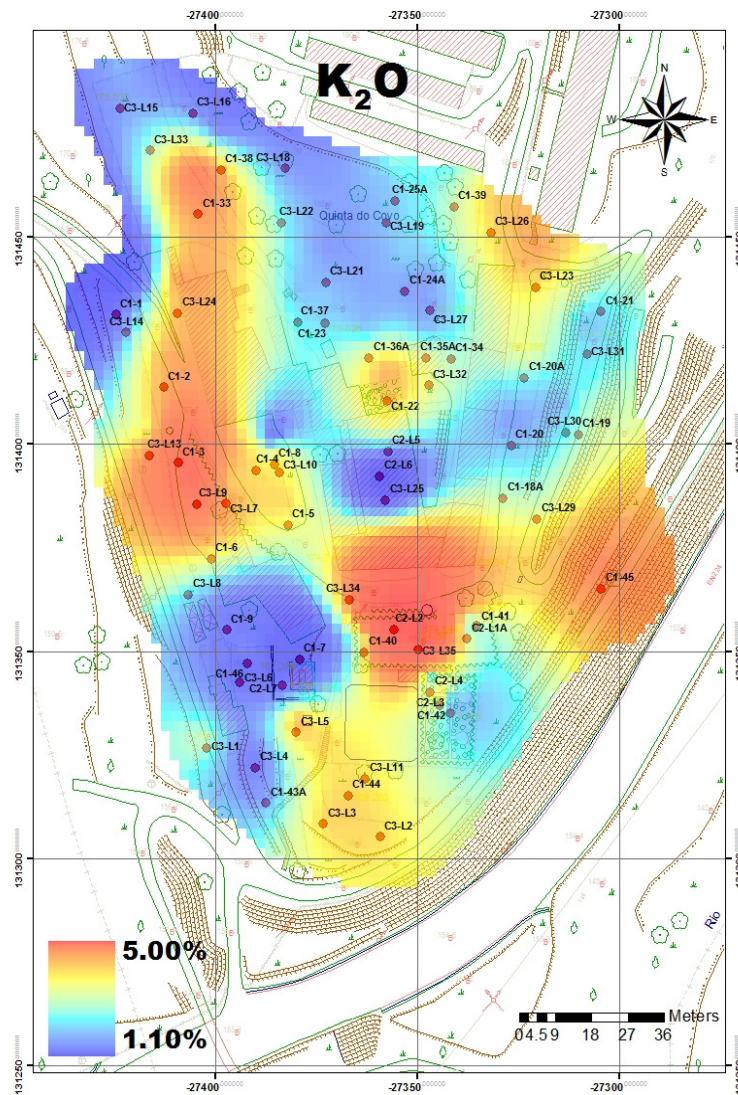


Figura 5.39 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Se (ppm).





**Figura 5.40** - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável K<sub>2</sub>O (%).





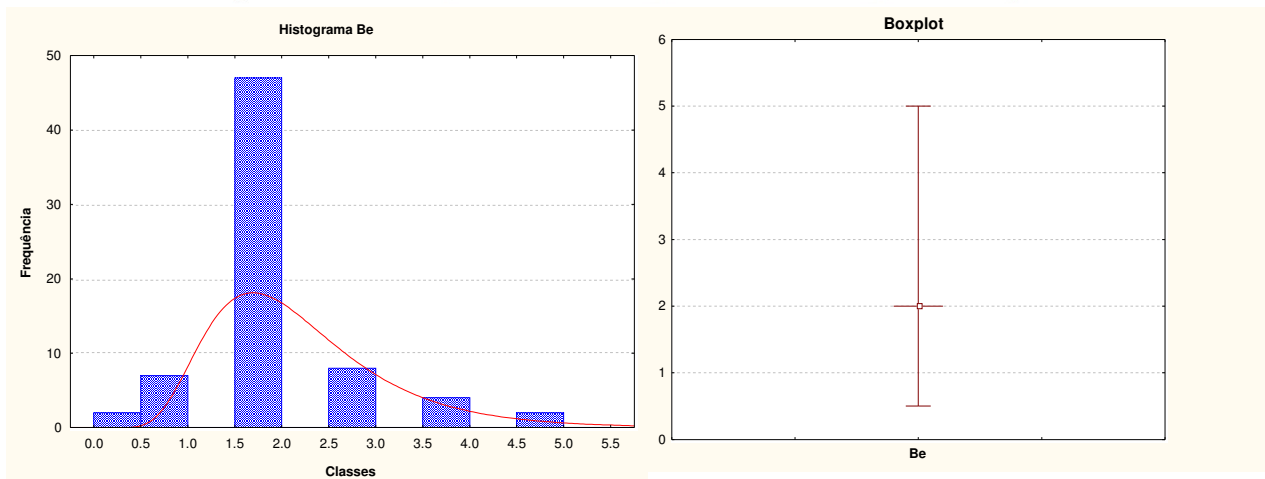
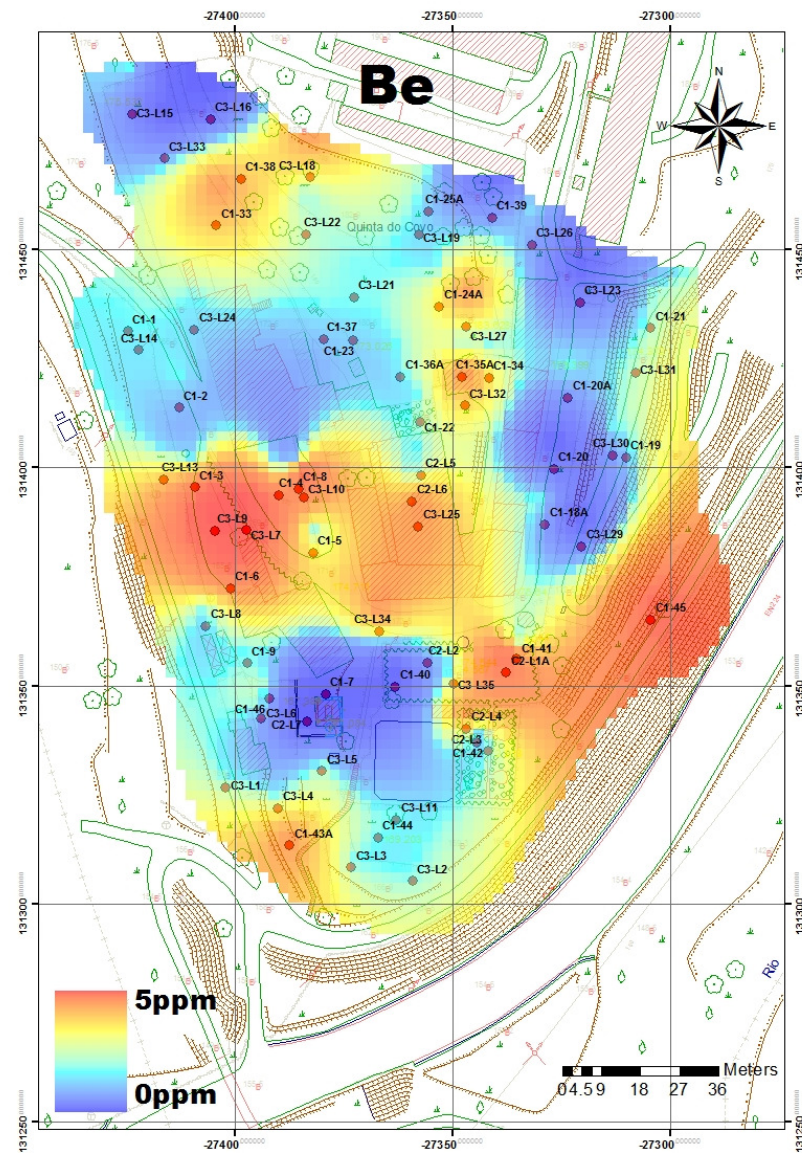


Figura 5.42 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Be (ppm).



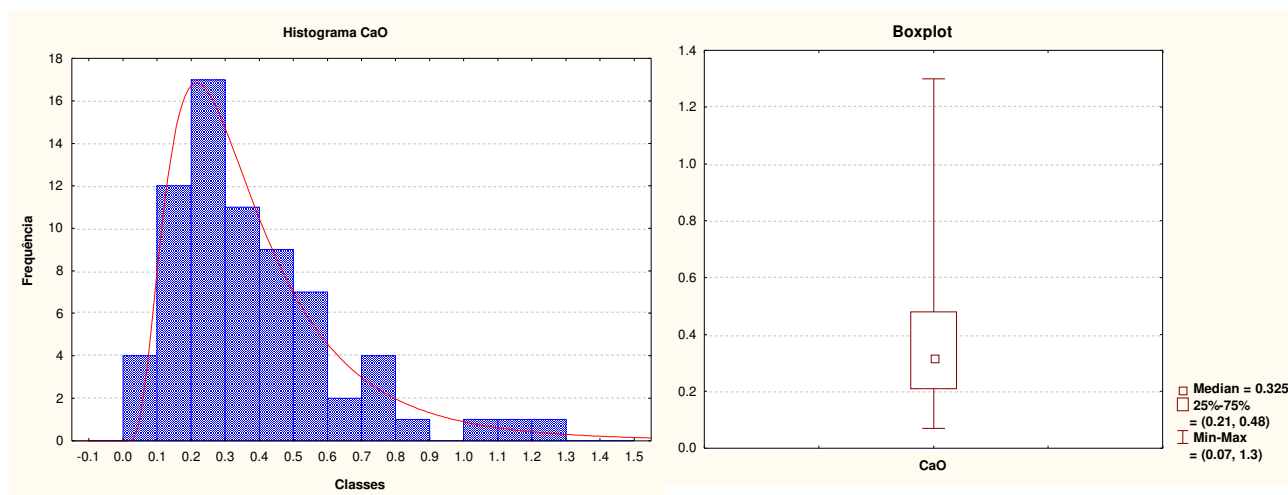
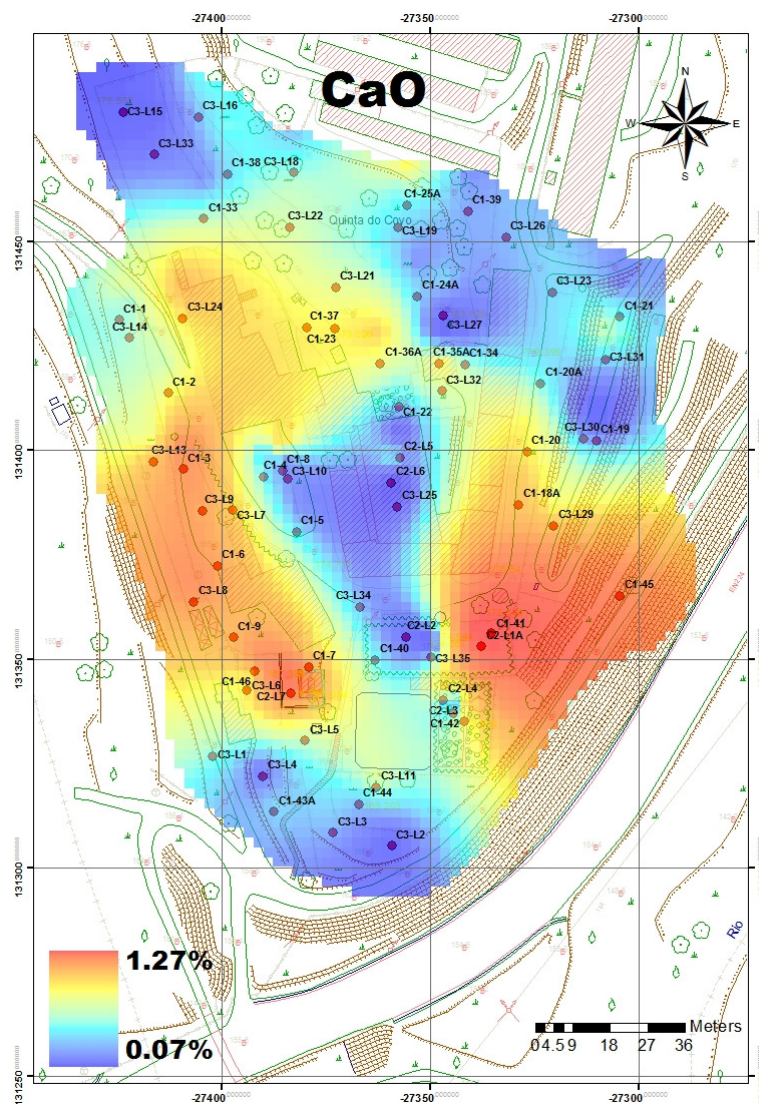


Figura 5.43 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável CaO (%).

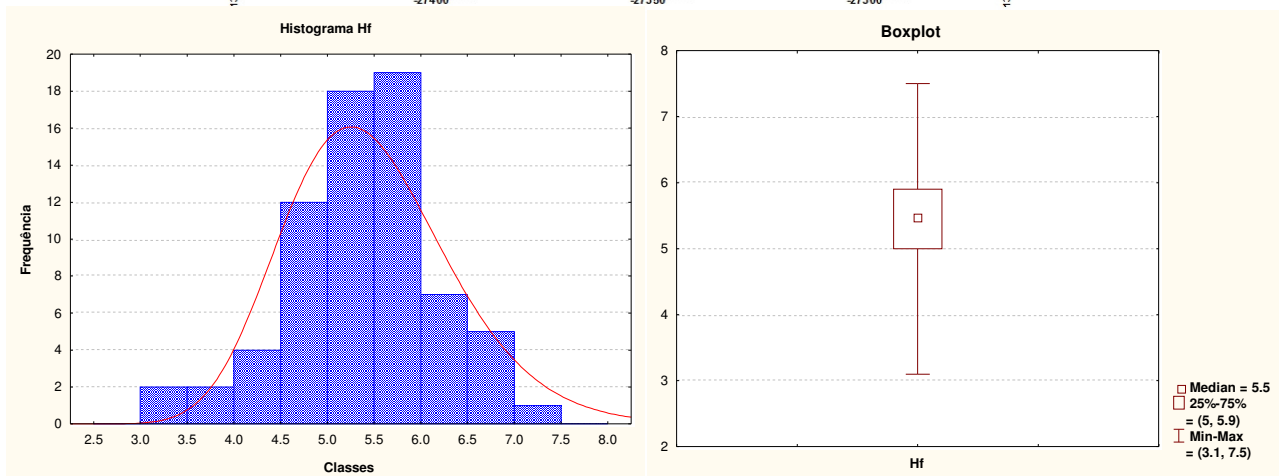
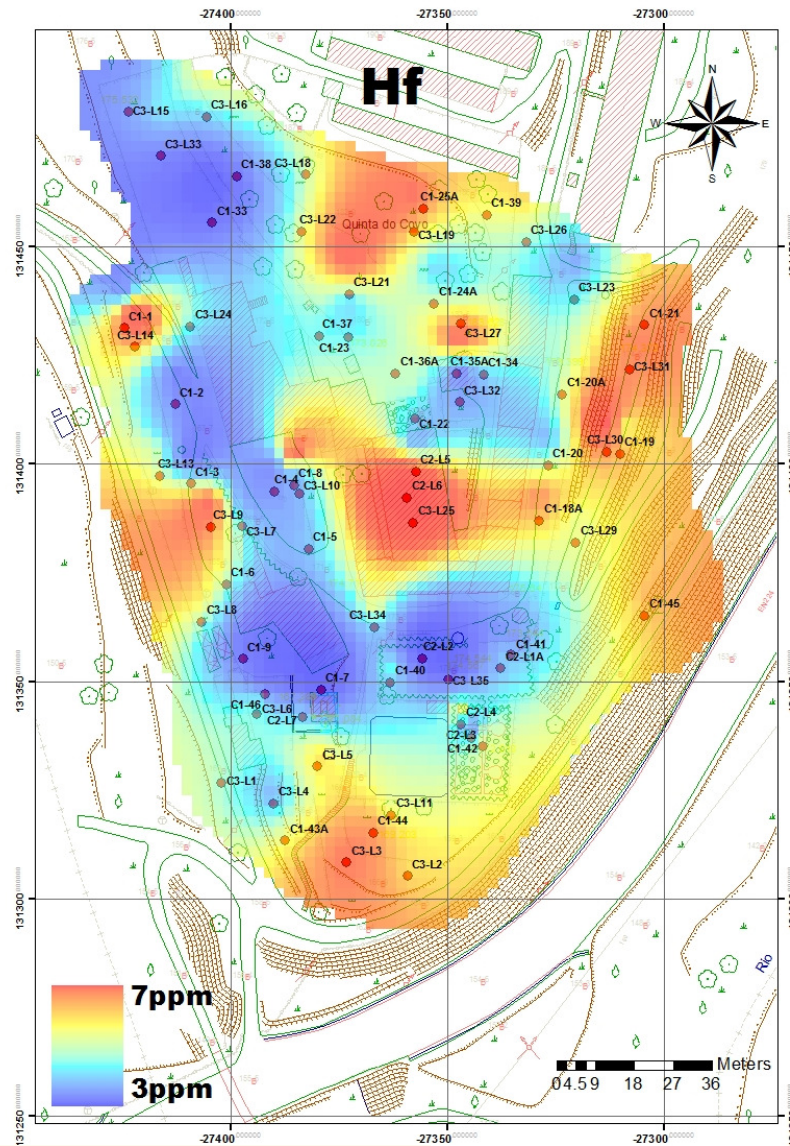


Figura 5.44 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Hf ppm).



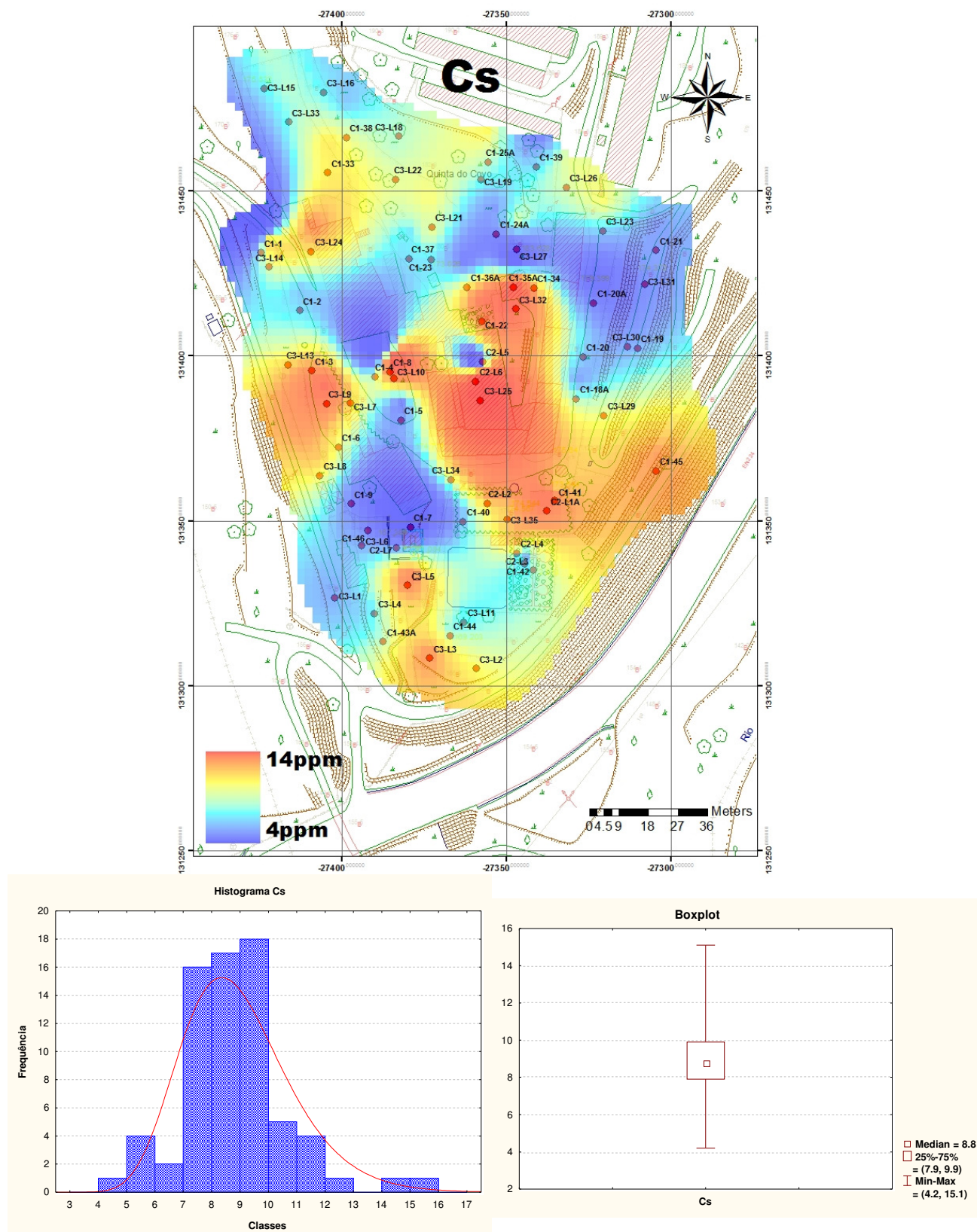


Figura 5.45 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cs (ppm).







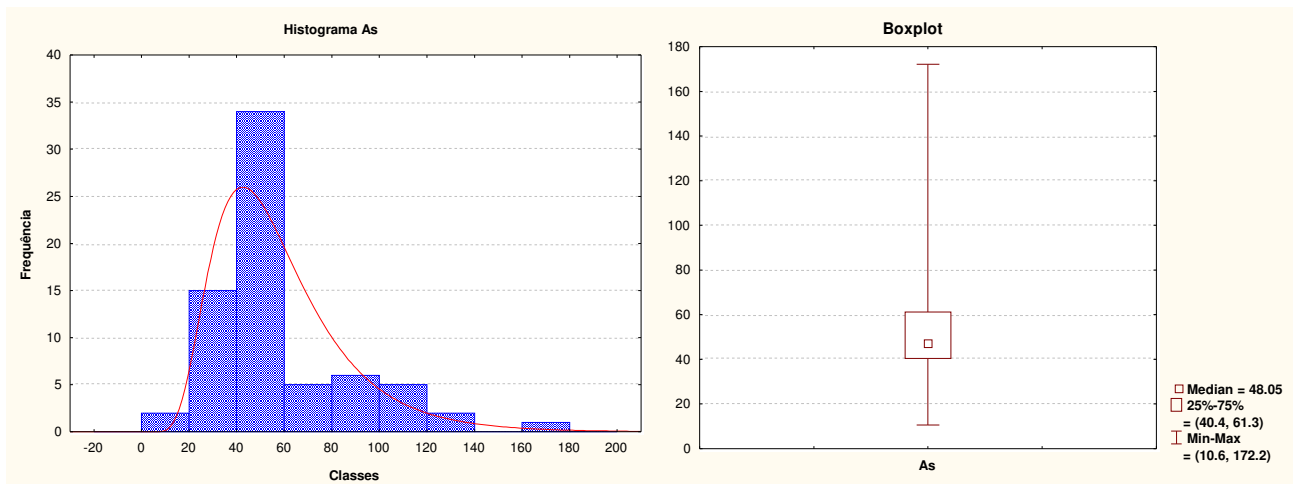
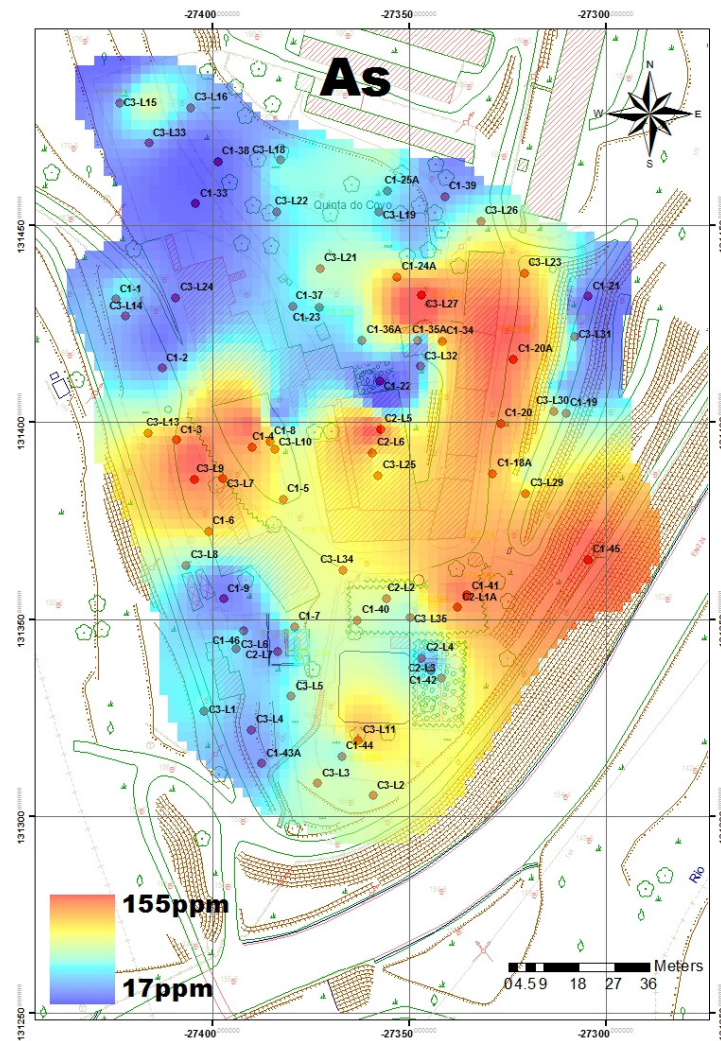


Figura 5.48 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável As (ppm).



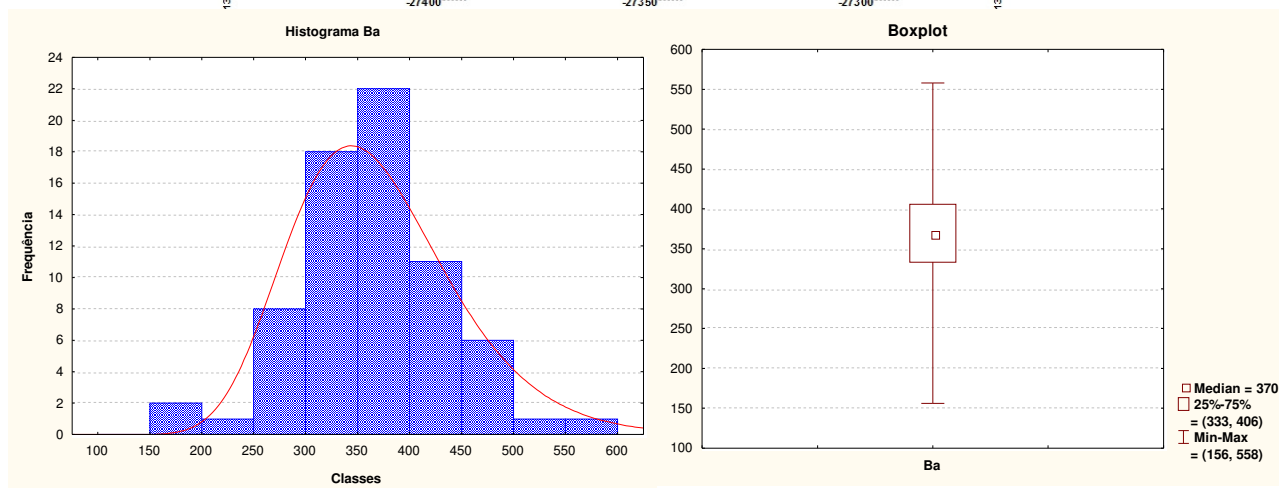
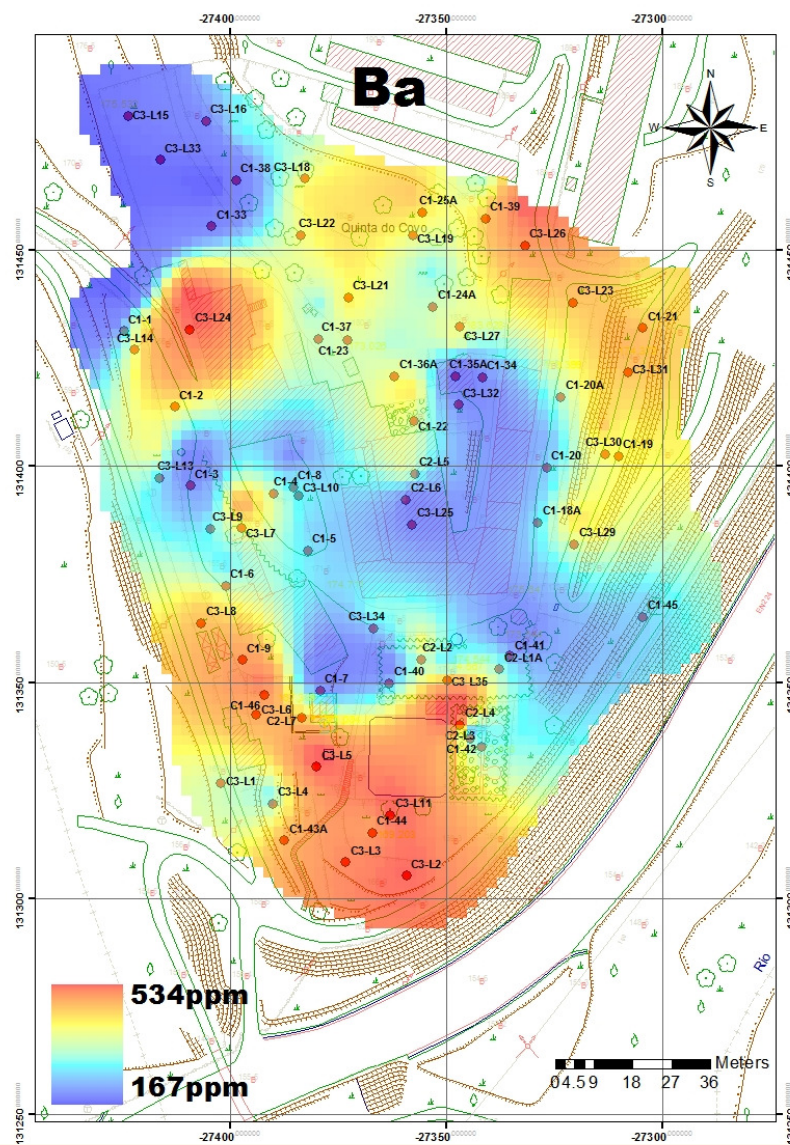


Figura 5.49 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ba (ppm).

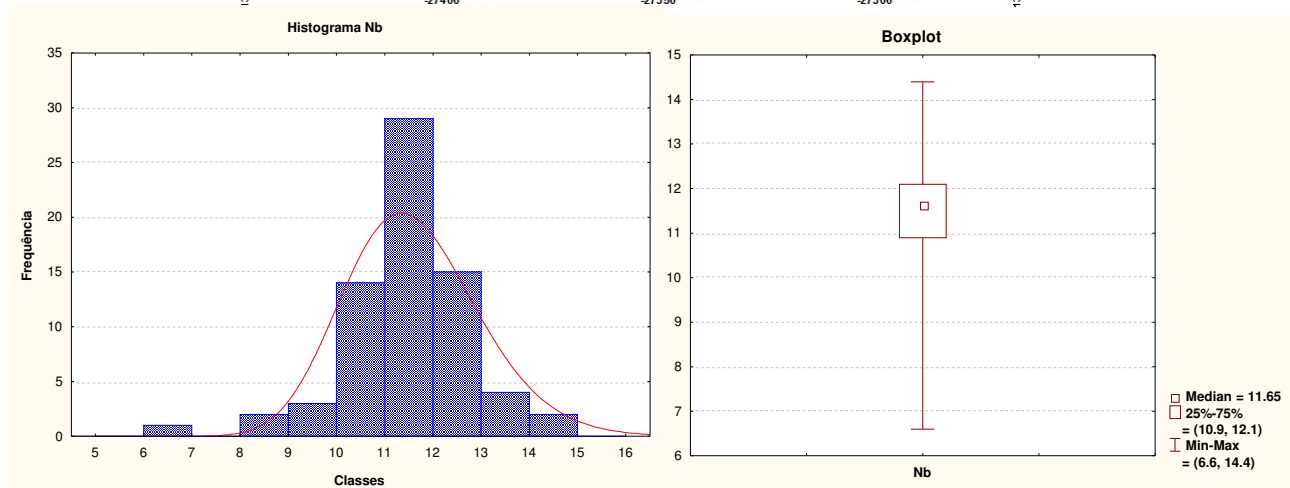
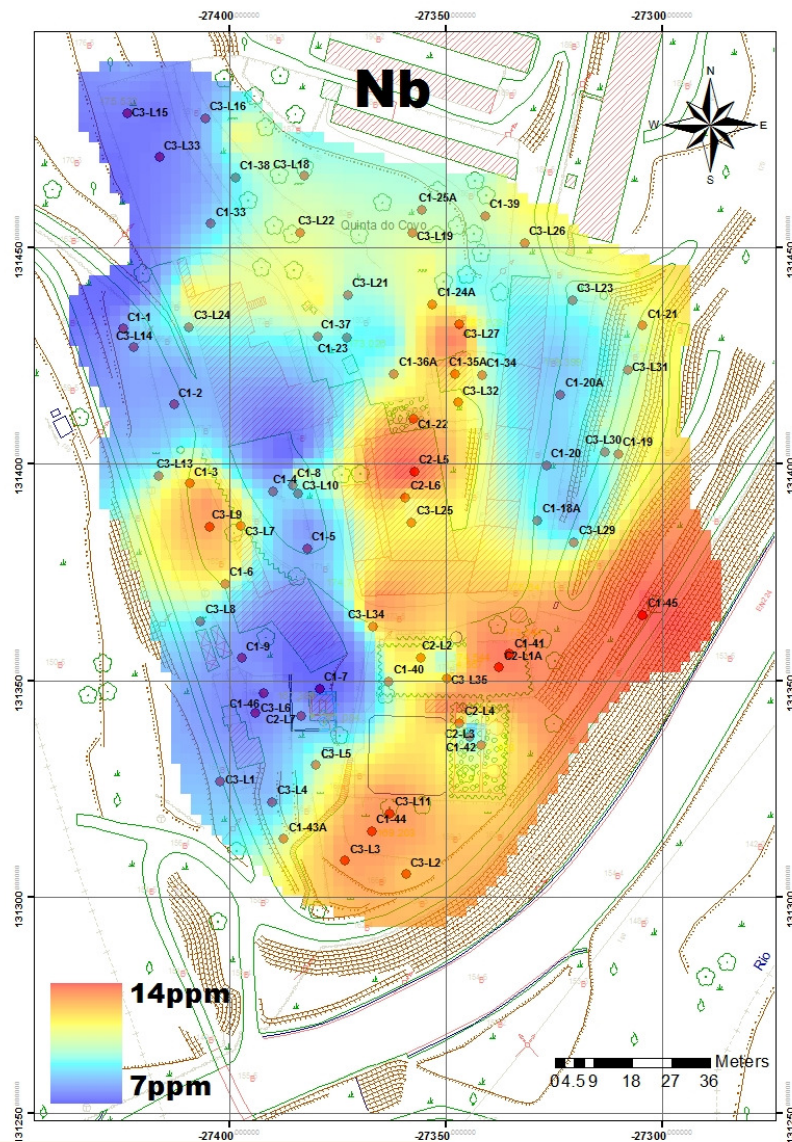


Figura 5.50 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Nb (ppm).



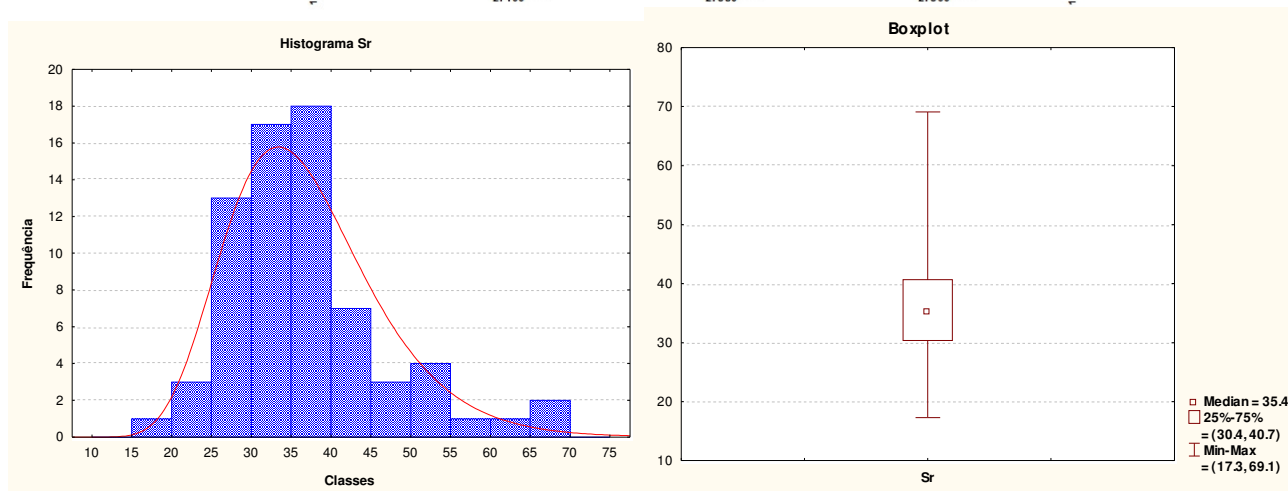
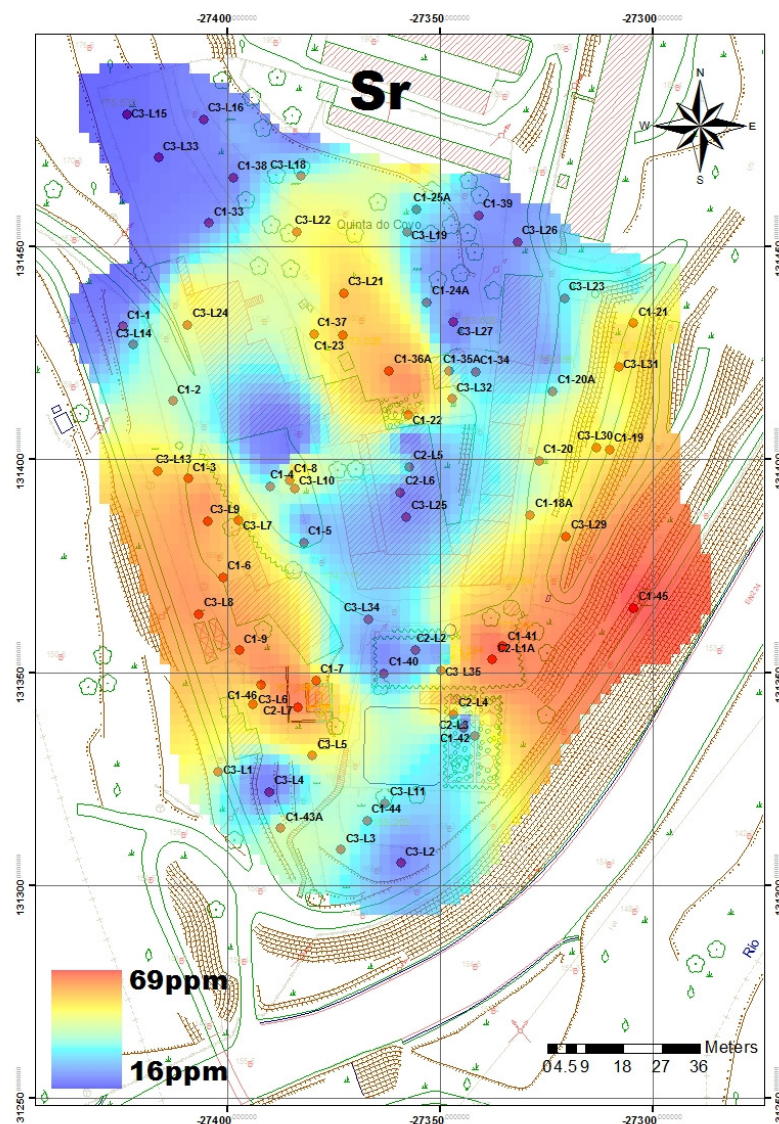


Figura 5.51 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Sr (ppm).

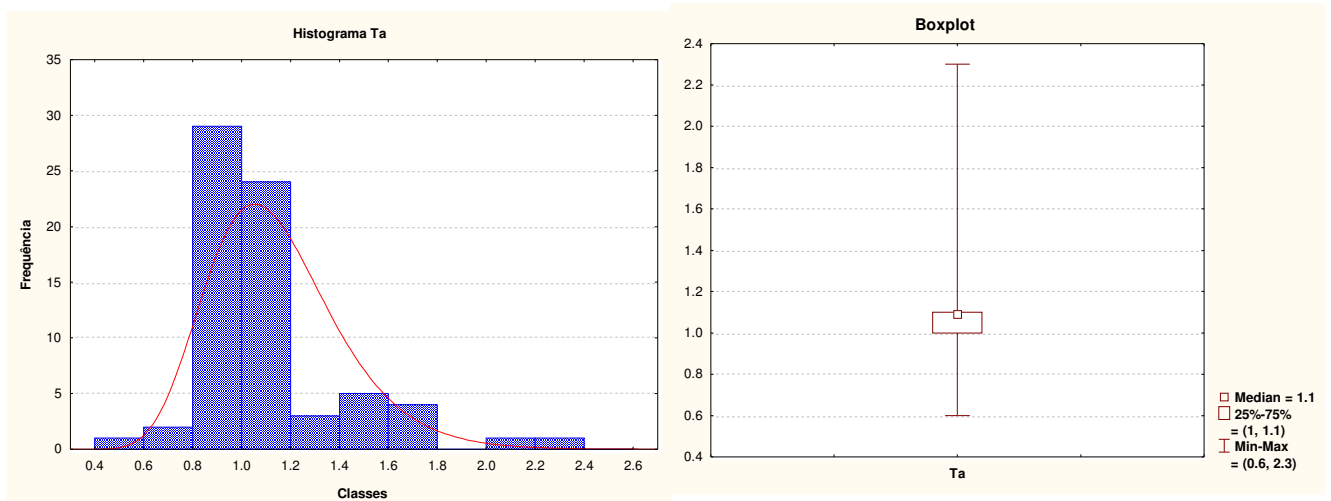
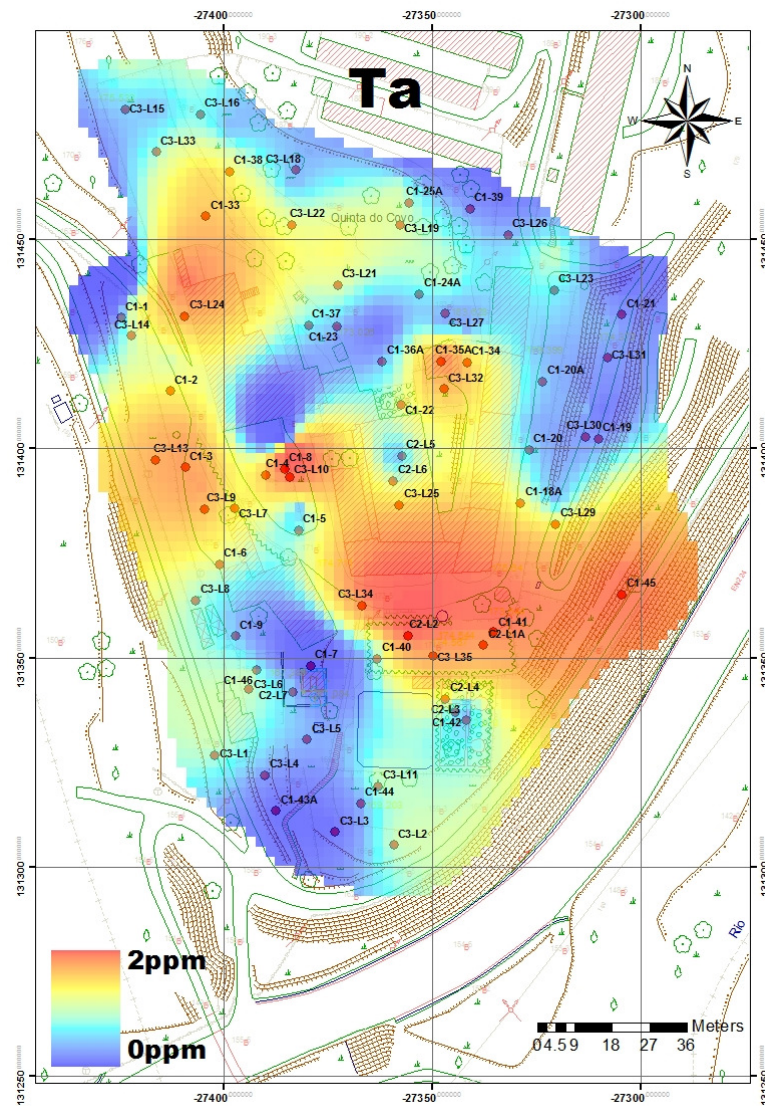


Figura 5.52 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ta (ppm).



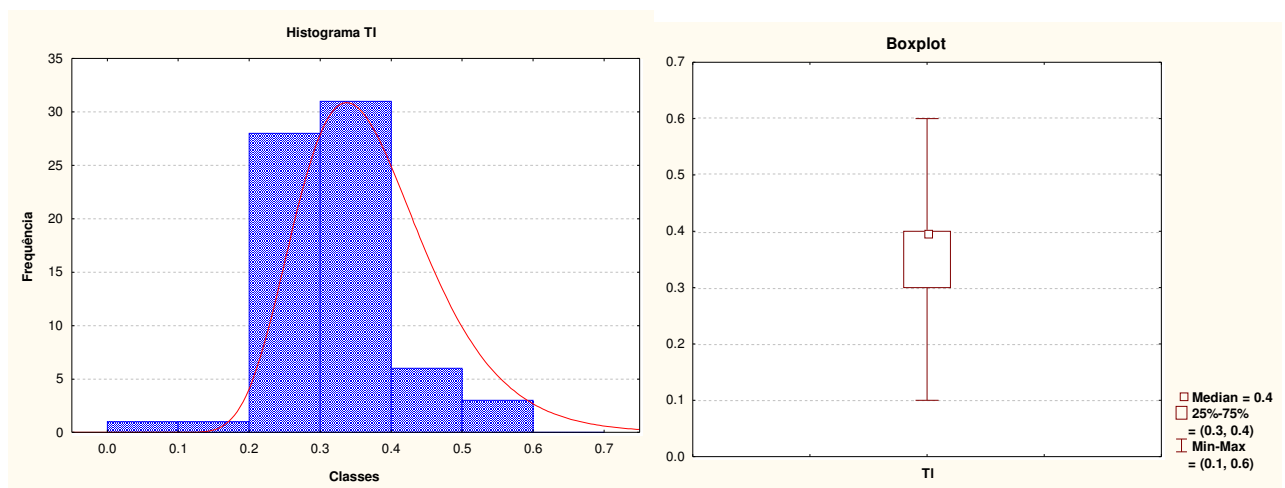
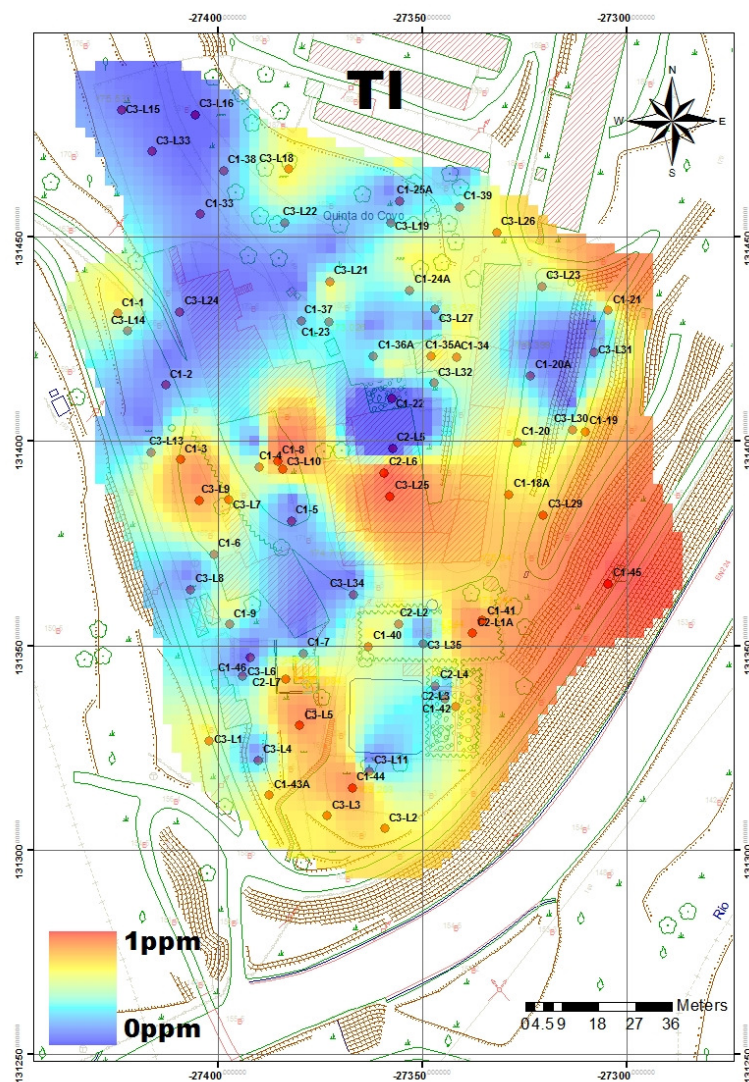


Figura 5.53 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável TI (ppm).

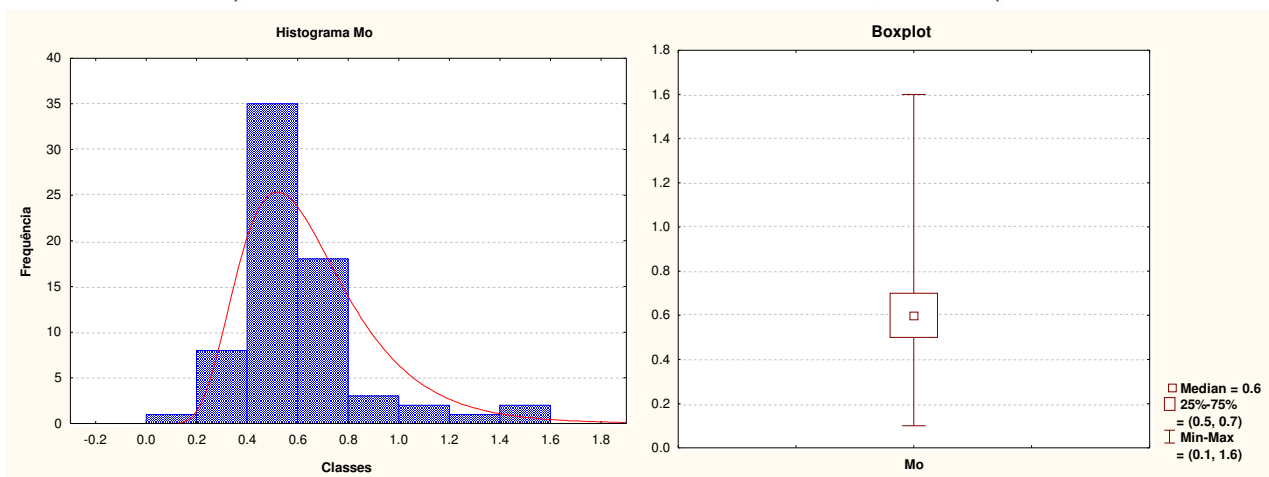
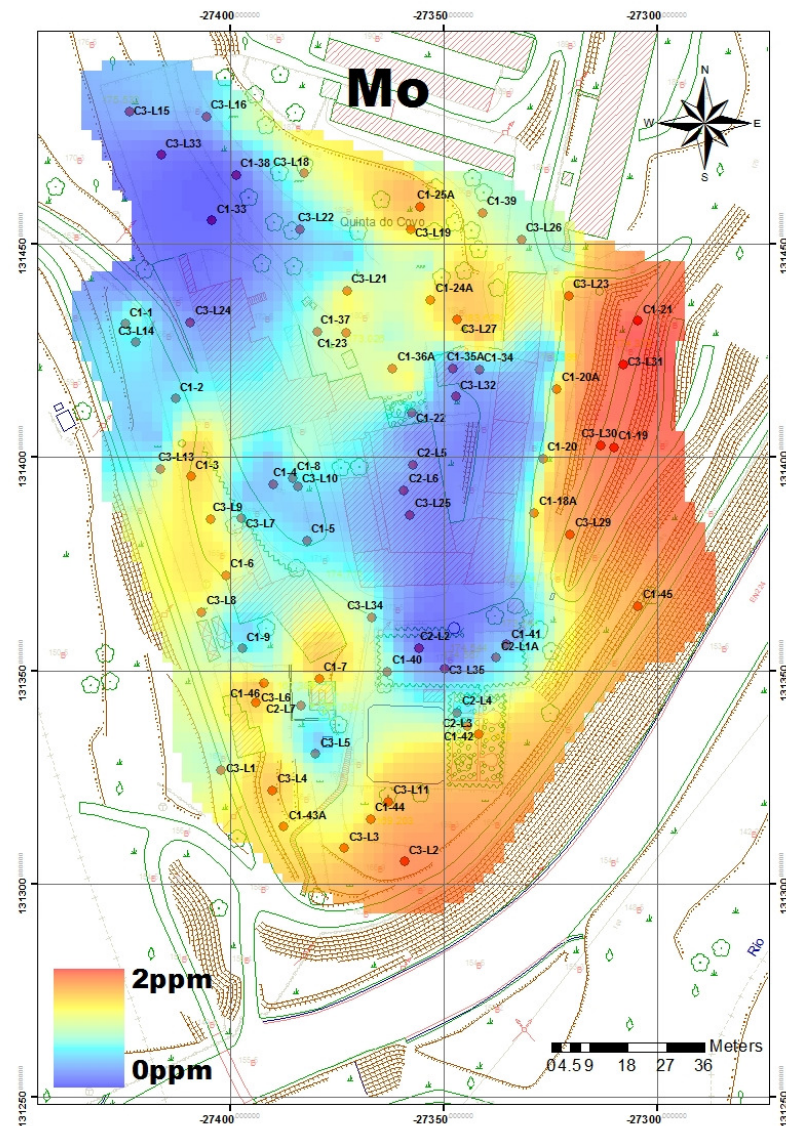


Figura 5.54 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Mo (ppm).

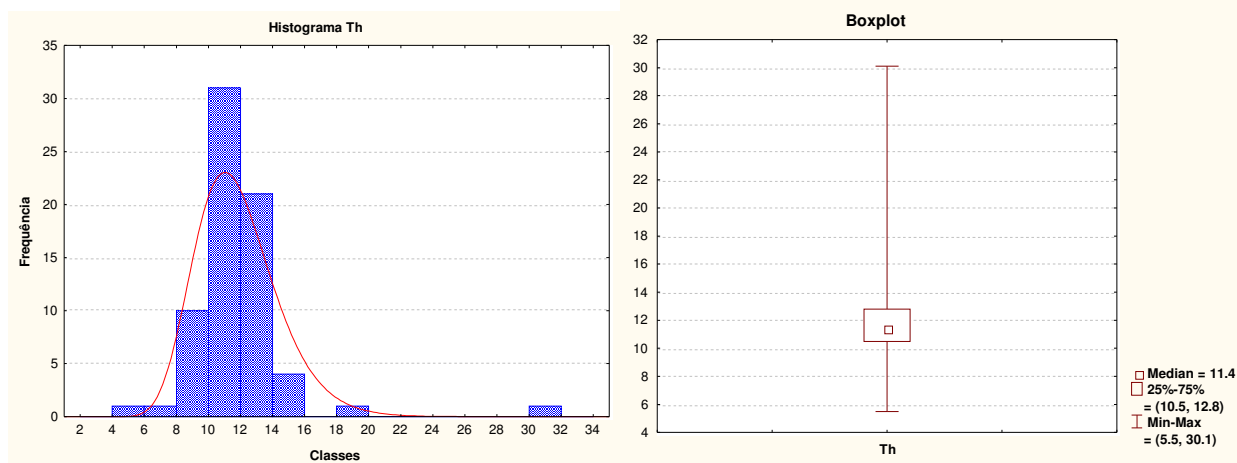
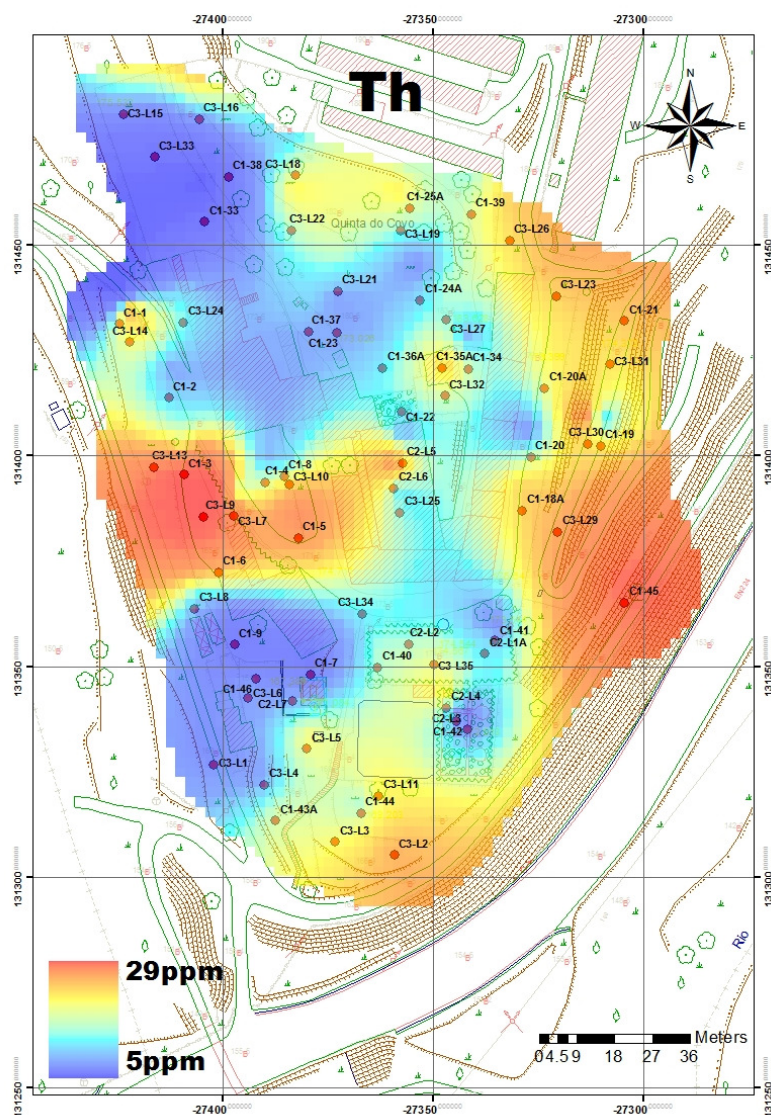


Figura 5.55 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Th (ppm).



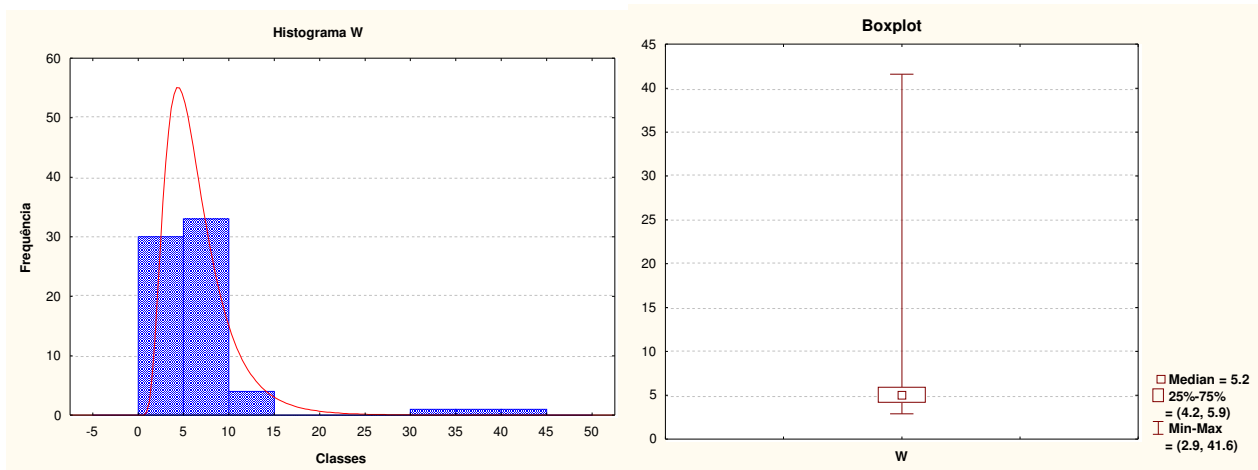
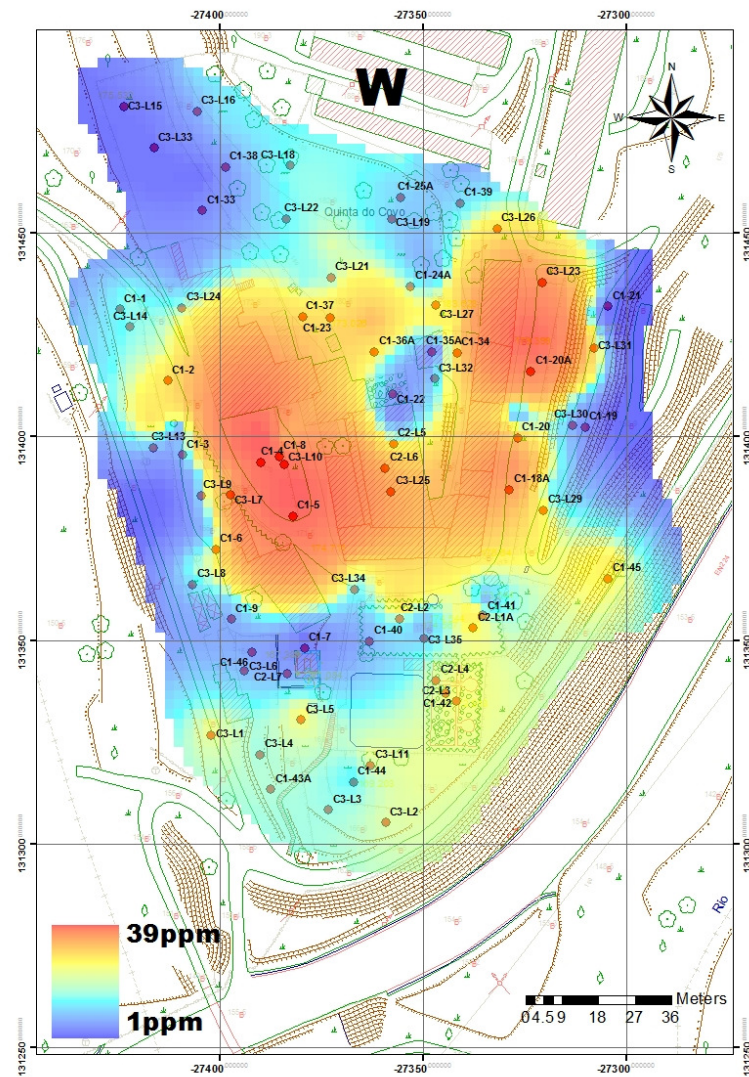


Figura 5.56 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável W (ppm).



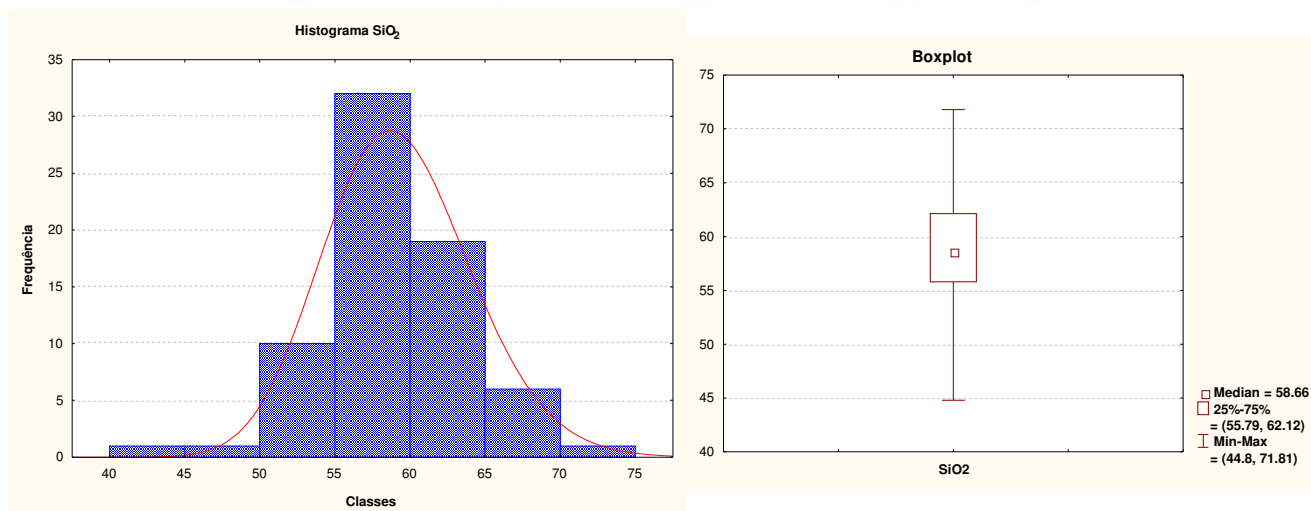
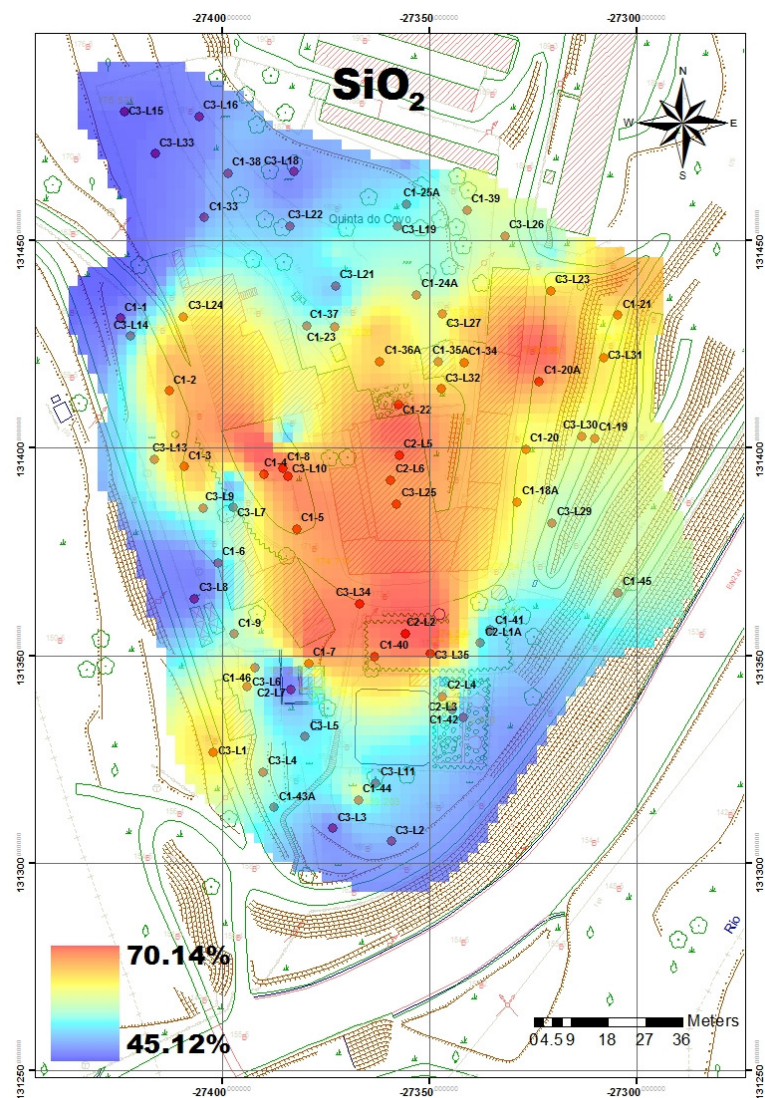


Figura 5.57 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável SiO<sub>2</sub> (ppm).

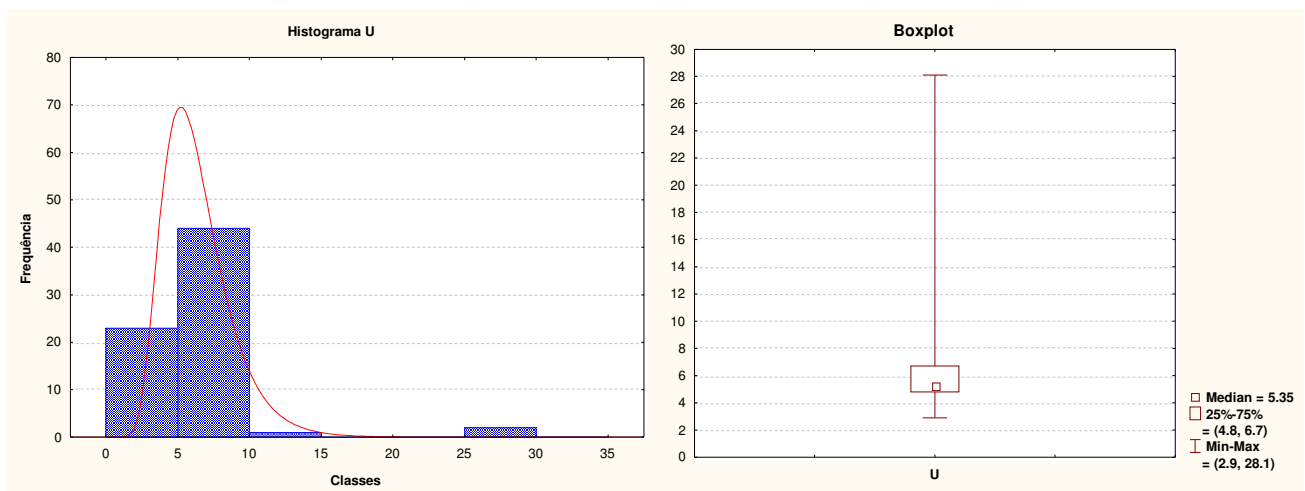
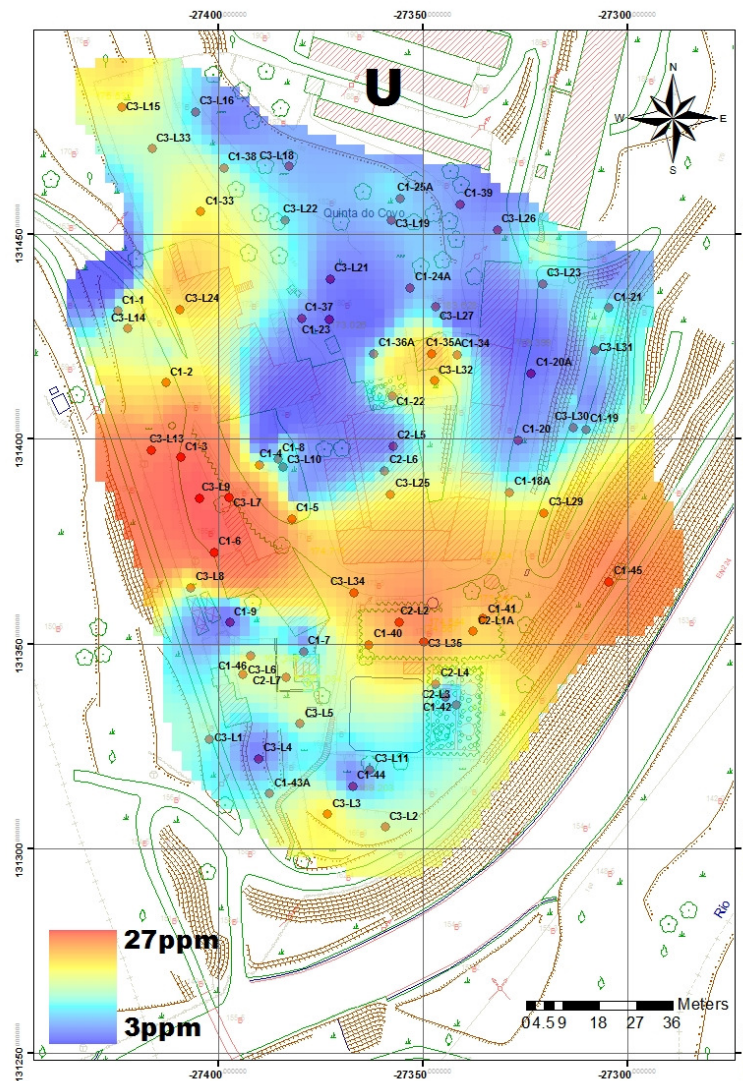


Figura 5.58 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável U (ppm).

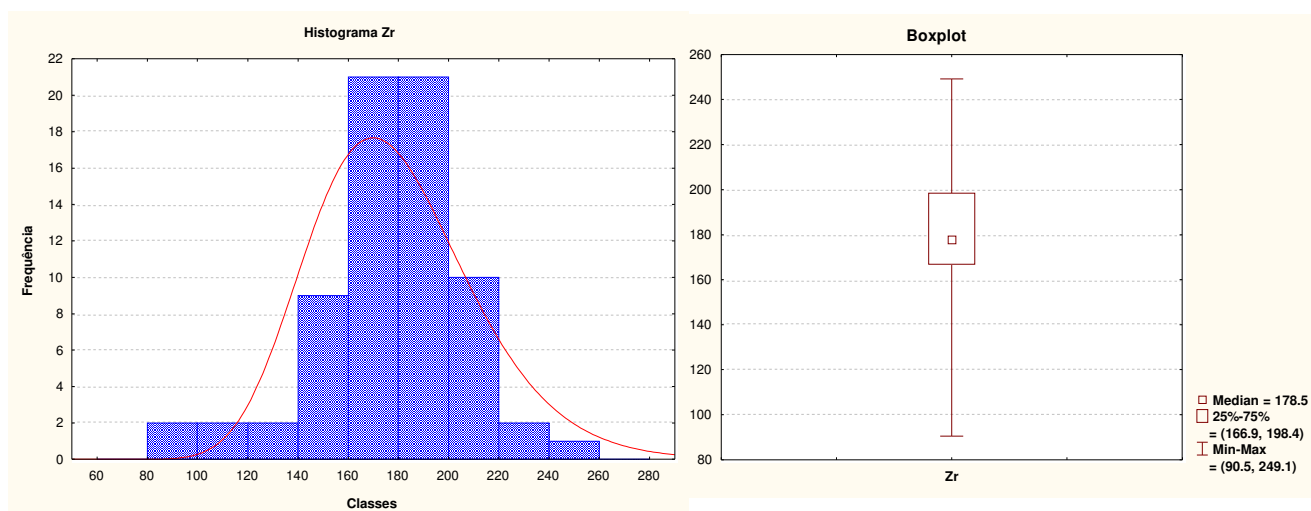
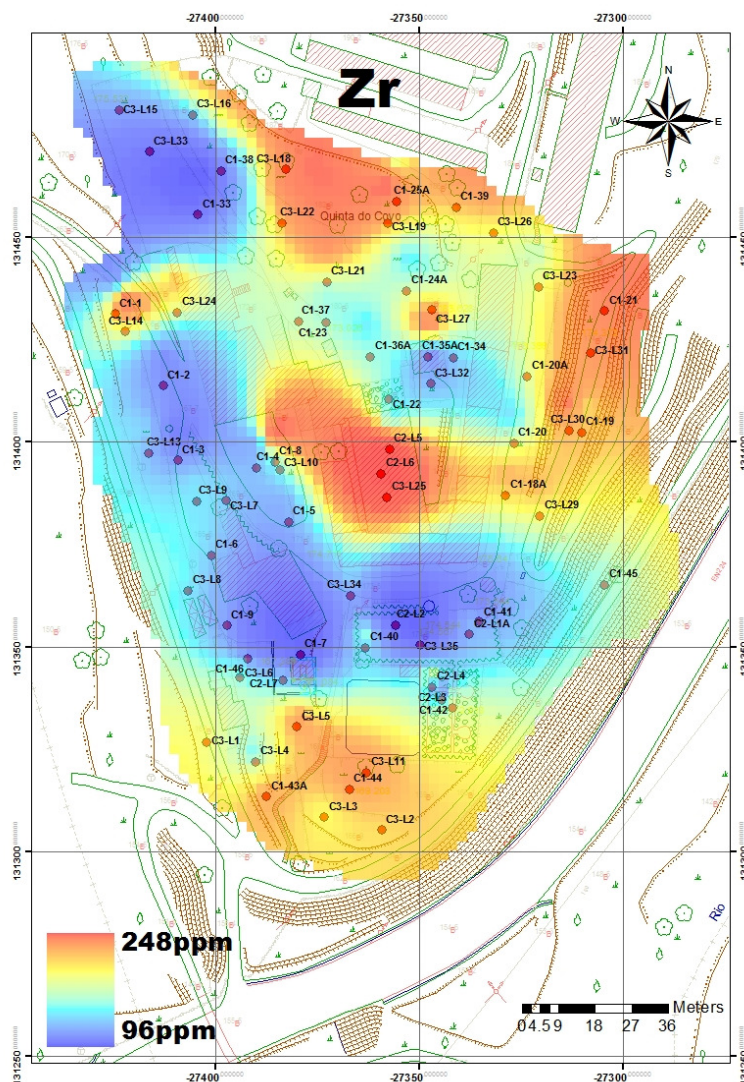


Figura 5.59 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Zr (ppm).









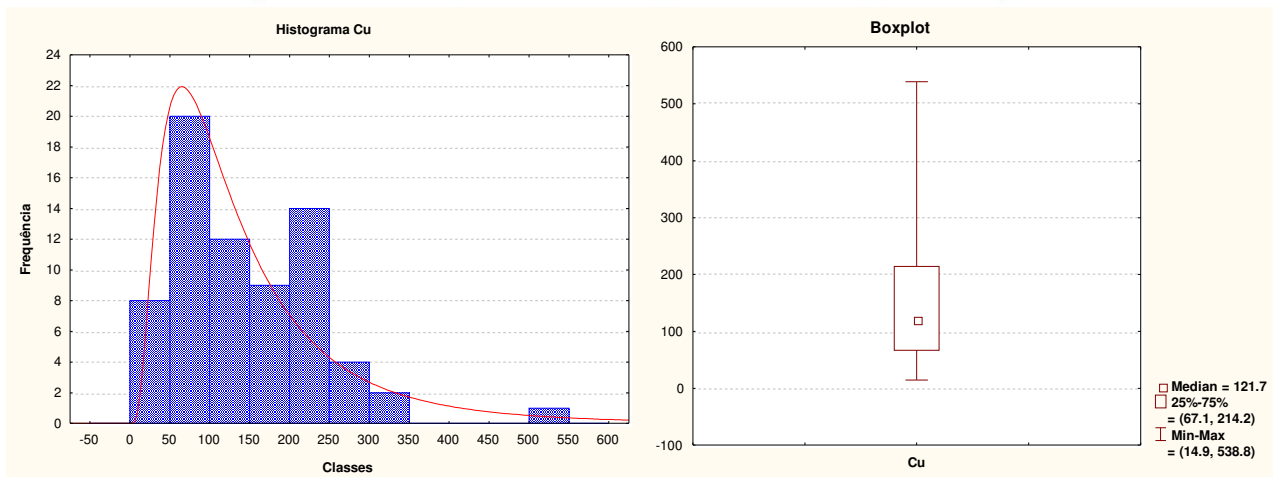
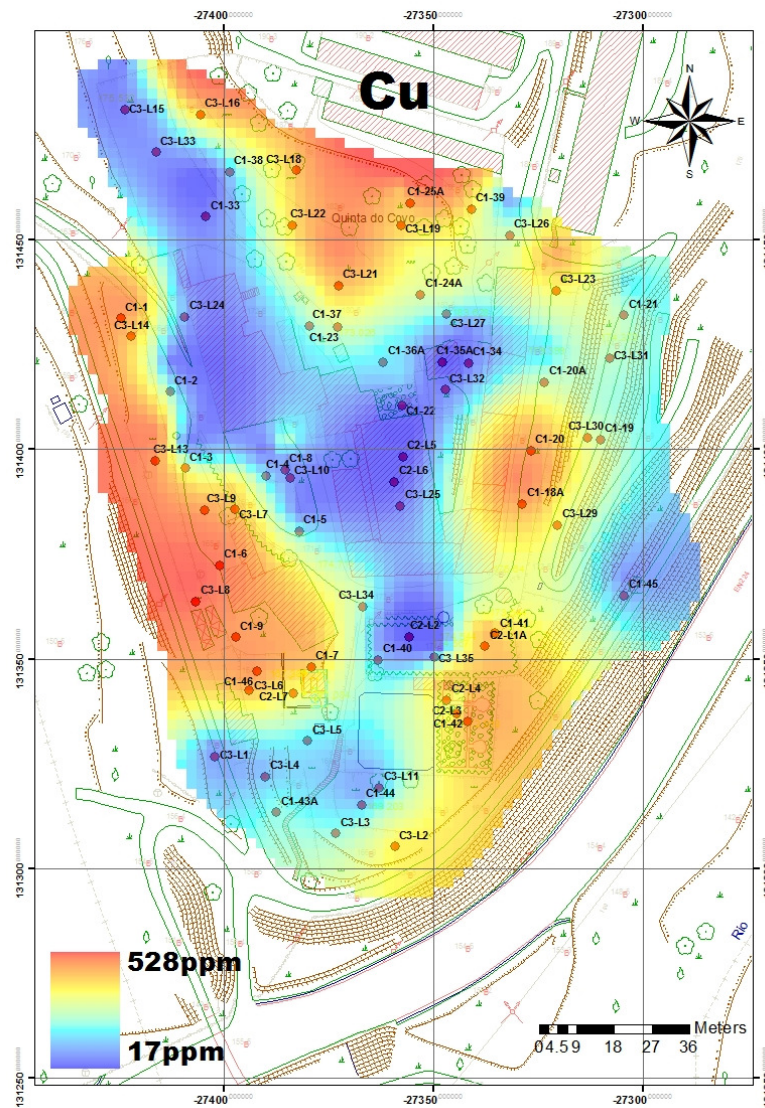


Figura 5.62 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cu (ppm).

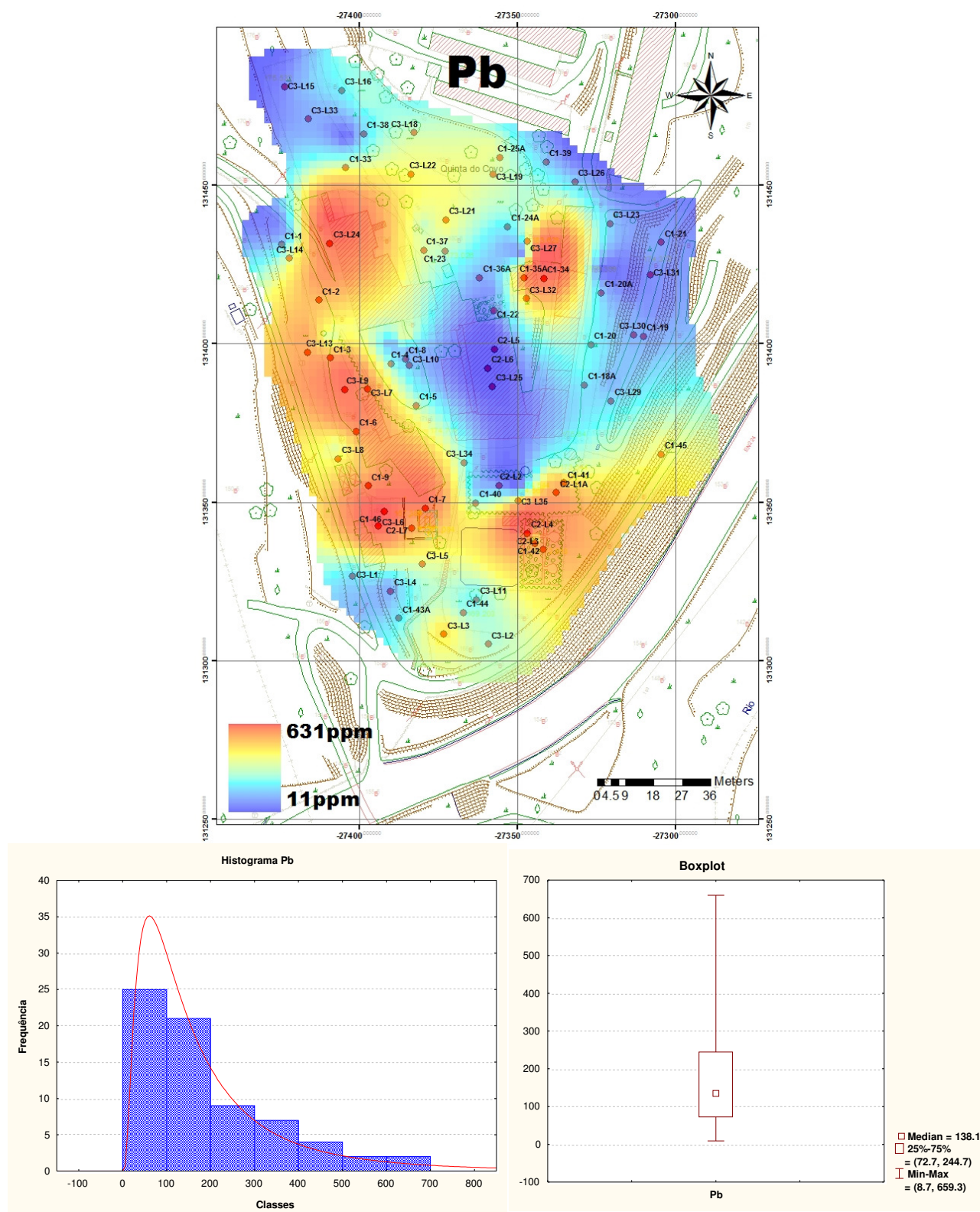


Figura 5.63 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Pb (ppm).



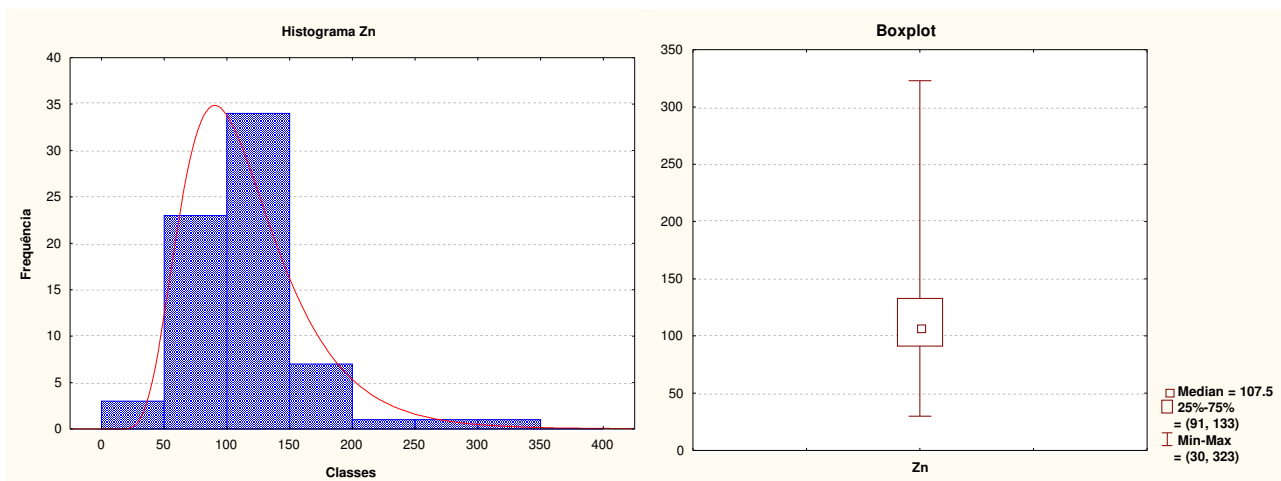
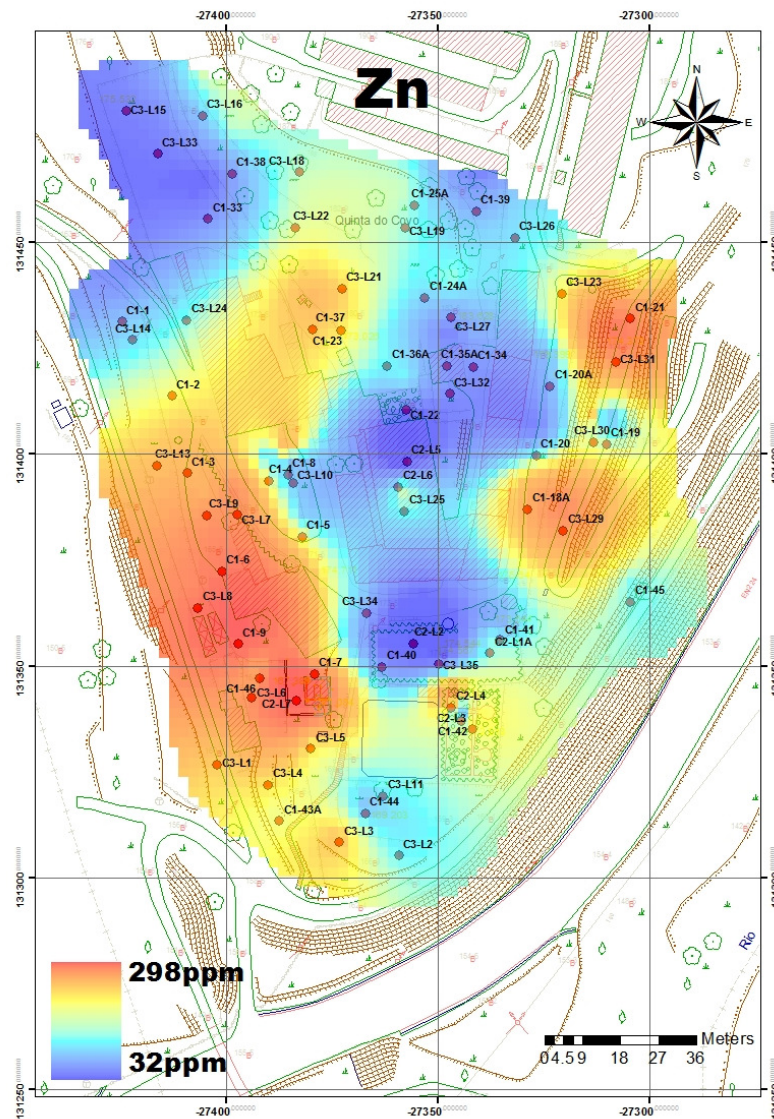


Figura 5.64 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Zn (ppm).



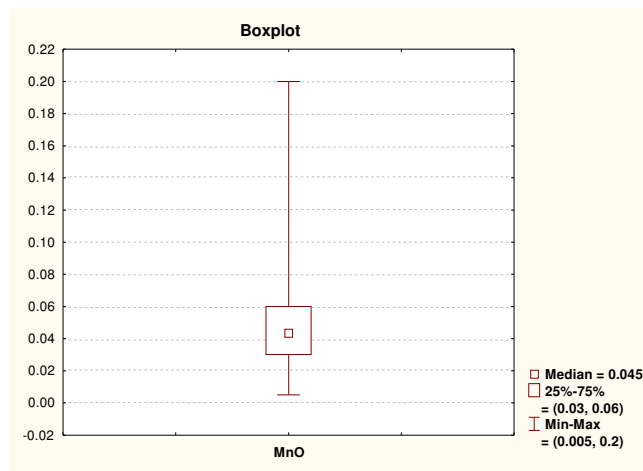
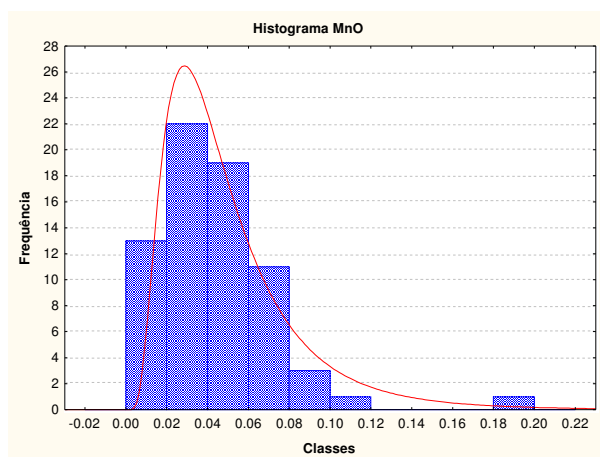
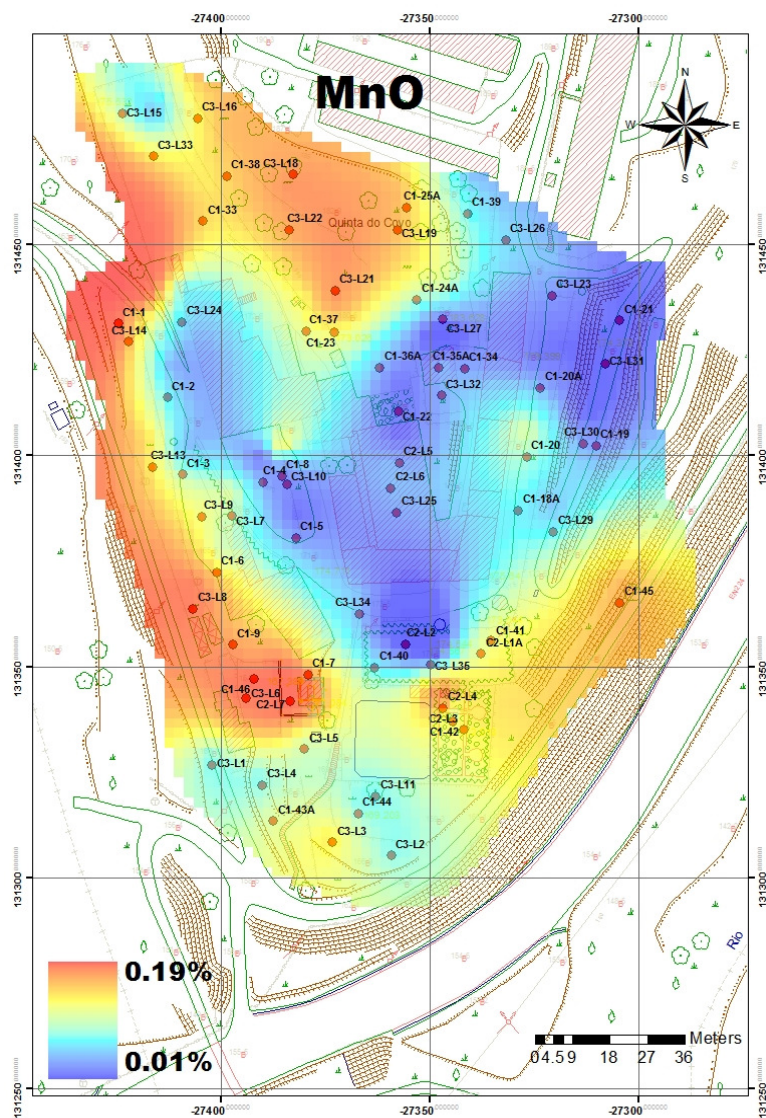


Figura 5.65 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável MnO (%).

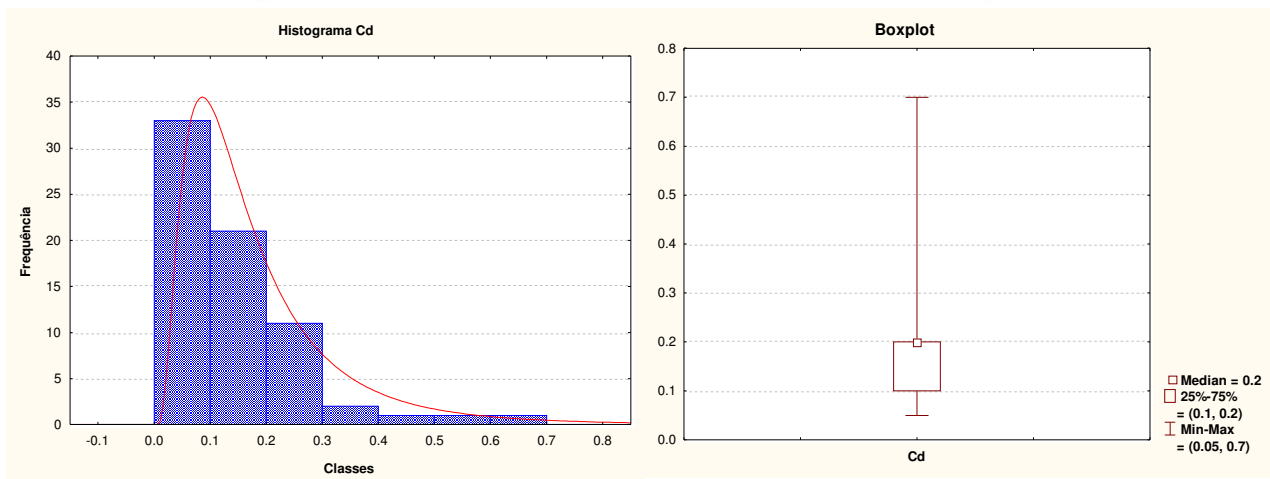
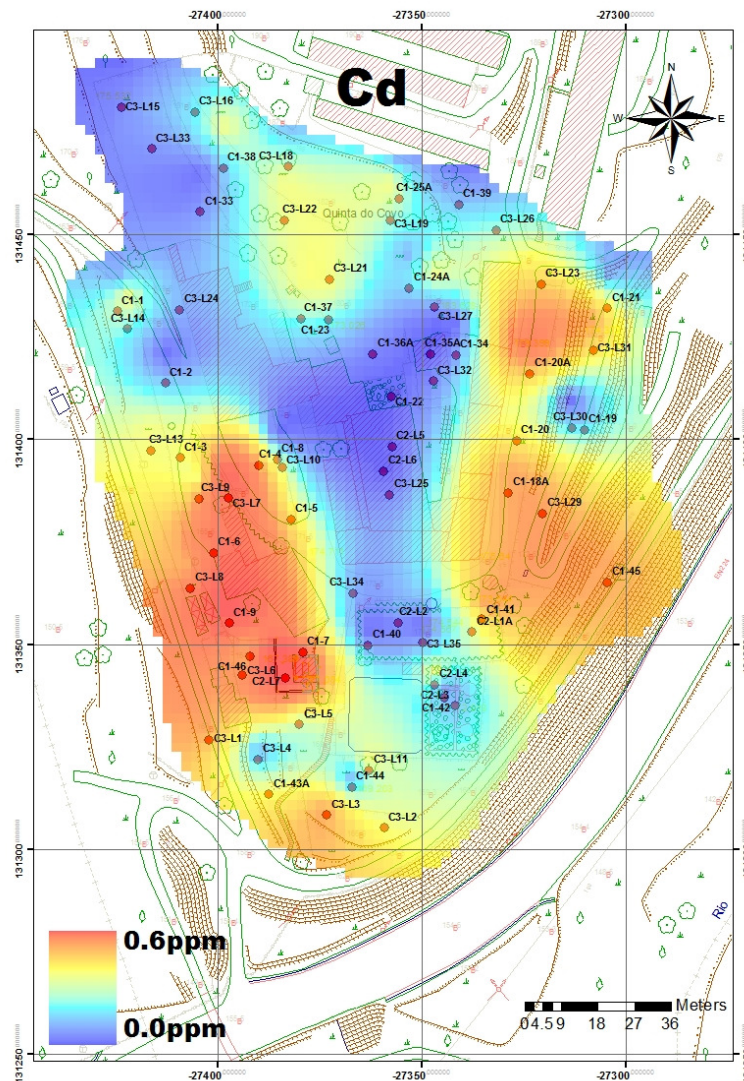


Figura 5.66 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Cd (ppm).

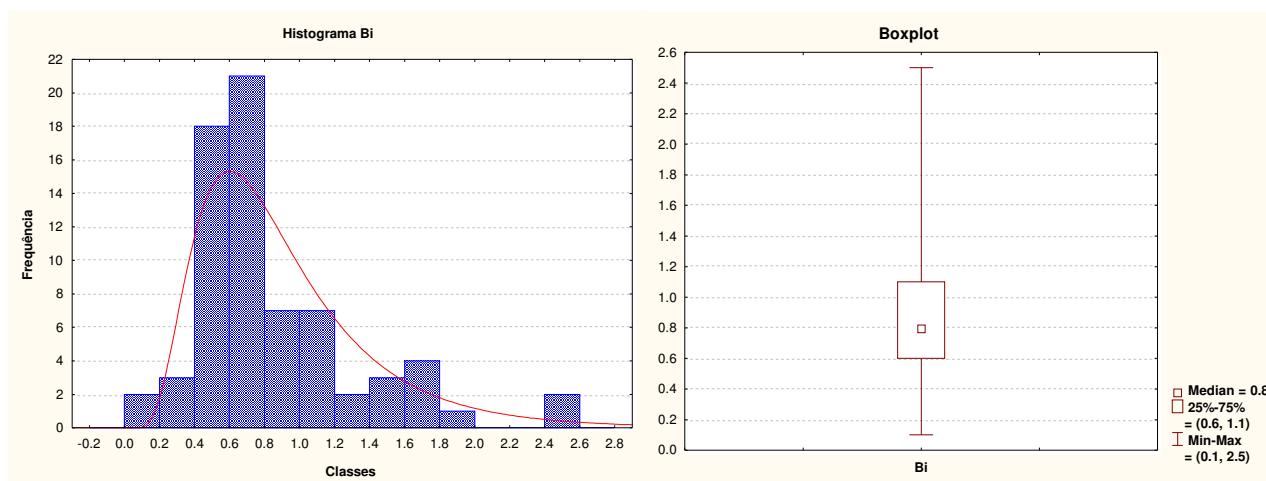
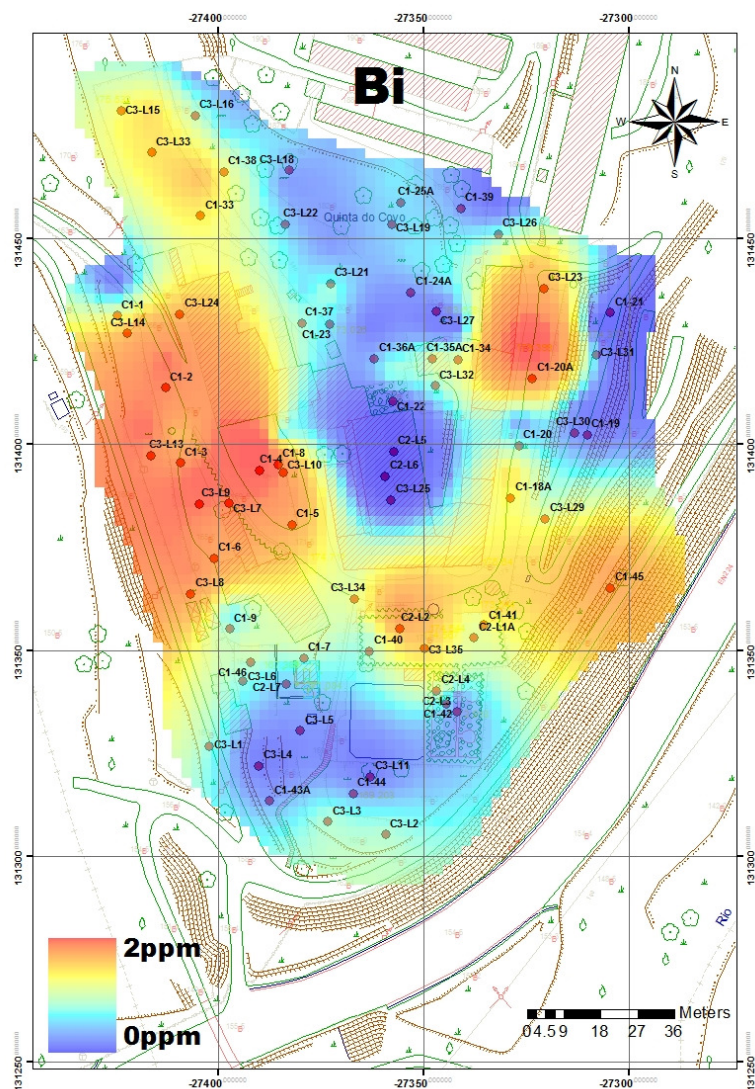


Figura 5.67 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Bi (ppm).



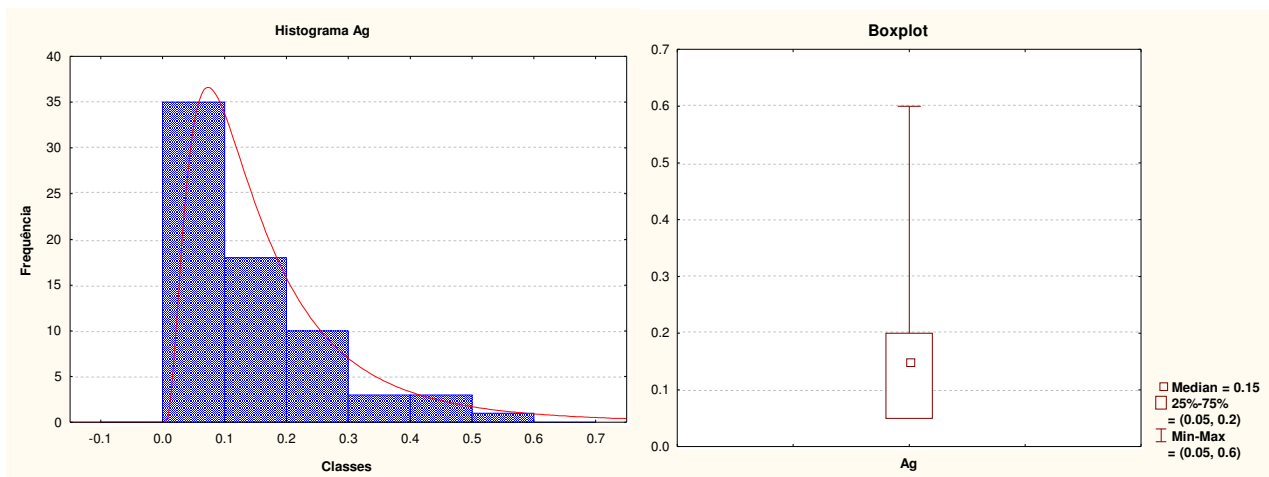
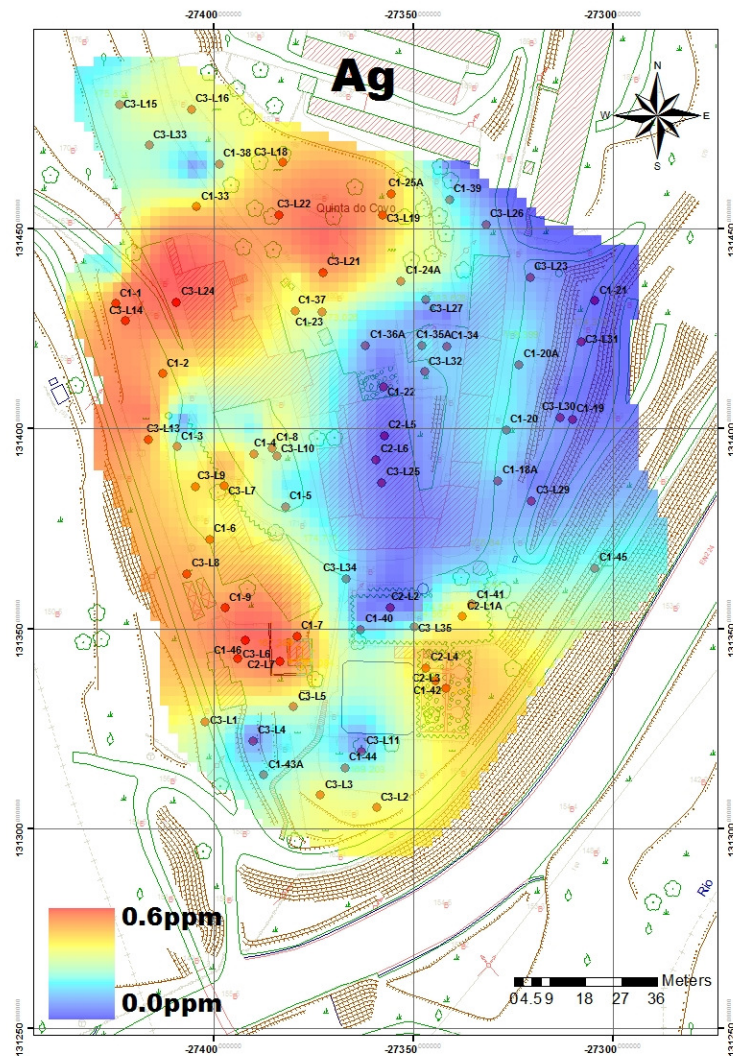


Figura 5.68 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Ag (ppm).



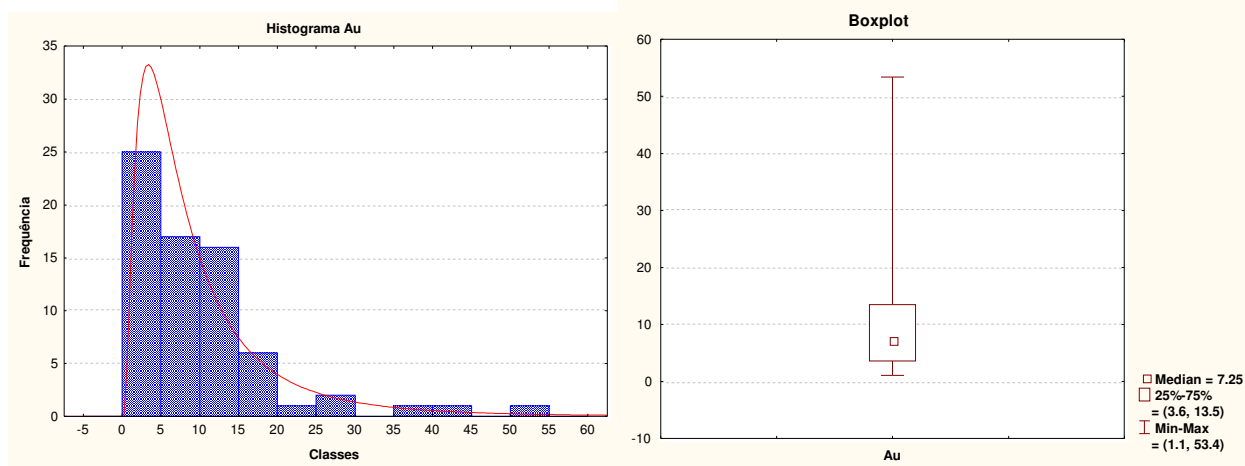
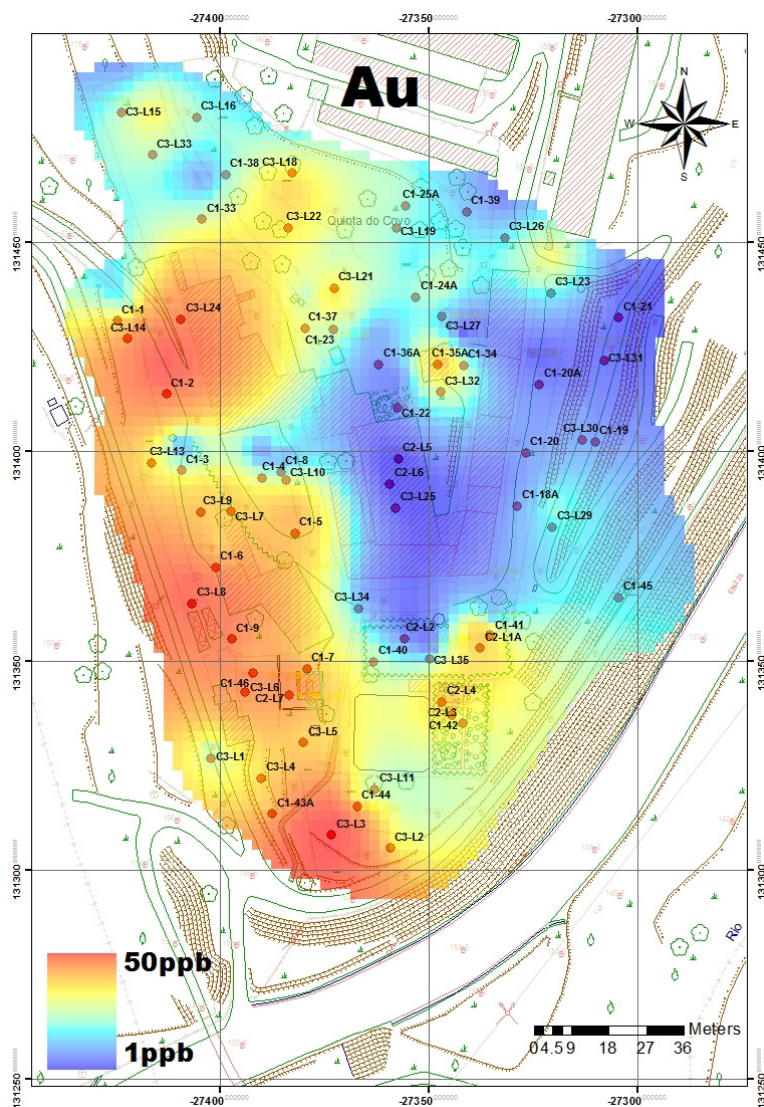
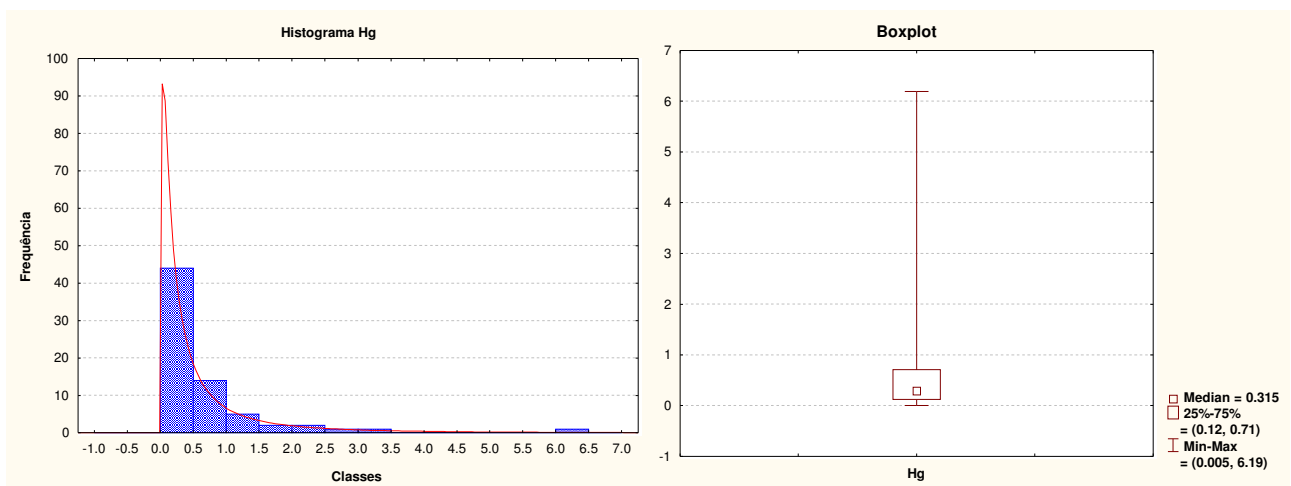
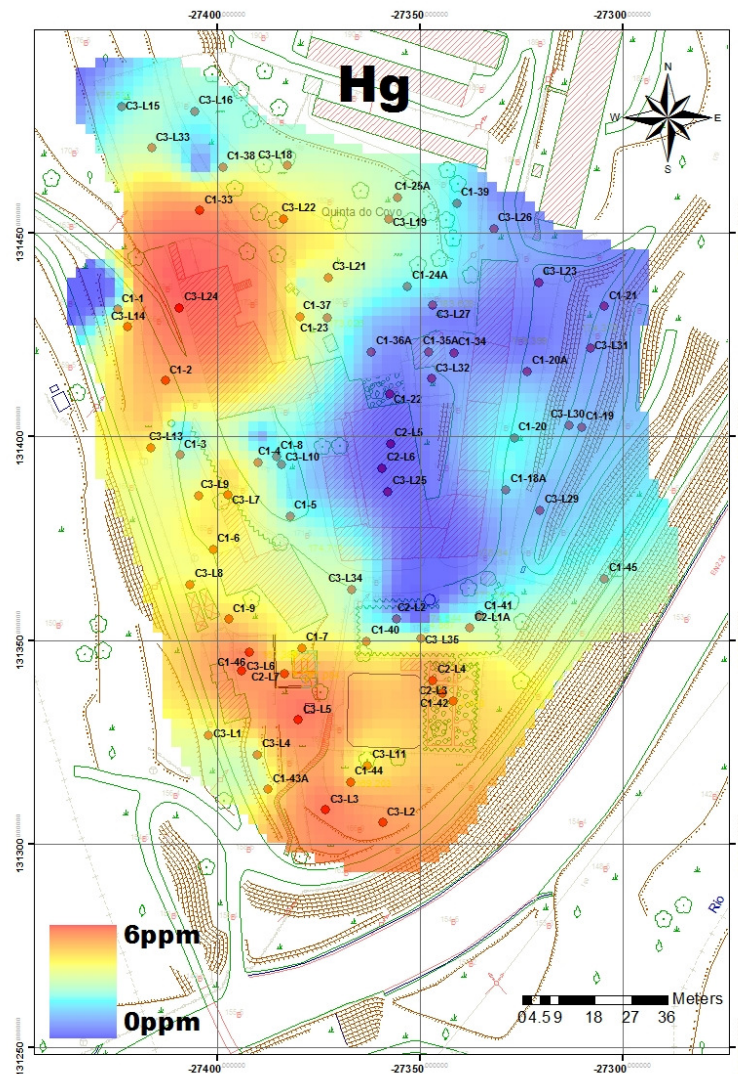


Figura 5.69 - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Au (ppb).



**Figura 5.70** - Cartografia de teores, histograma e boxplot da variável Hg (ppm).

O Quadro 5.7 é uma síntese das características geoquímicas das anomalias, identificadas a partir da cartografia, nas áreas definidas na figura 2.13. A escala de cores aplicada dentro é gradual, o que significa que quanto mais escura é a tonalidade, mais as anomalias se destacam na respectiva área. A branco mostra a não existência de anomalias nas áreas.

Quadro 5.7 - Quadro resumo das características geoquímicas das diferentes áreas

Var	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12
SiO <sub>2</sub>									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
MgO									
CaO									
Na <sub>2</sub> O									
K <sub>2</sub> O									
TiO <sub>2</sub>									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									
MnO									
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
LOI									
Ag									
As									
Au									
Ba									
Be									
Bi									
Cd									
Co									
Cs									
Cu									
Ga									
Hf									
Hg									
Mo									
Nb									
Ni									
Pb									
Rb									
Sb									
Sc									
Se									
Sn									
Sr									
Ta									
Th									
Tl									
U									
V									
W									
Y									
Zn									
Zr									

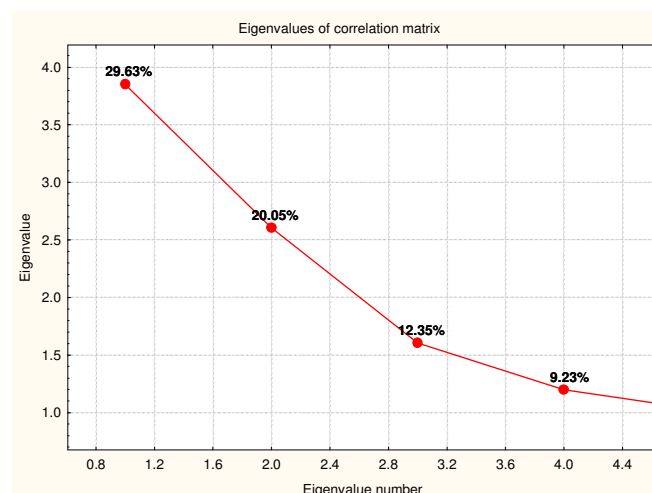
## 6. Integração de dados e Conclusões

Neste capítulo pretende-se fazer a integração dos dados geoquímicos e geofísicos de forma a identificar os parâmetros mais importantes para caracterizar a zona em estudo e simultaneamente identificar uma futura zona de intervenção arqueológica. Nesse sentido construiu-se uma nova matriz de dados englobando as seguintes variáveis: Geoquímica (foram consideradas as coordenadas das amostras nos 6 fatores da ACP já que estes fatores traduzem associações entre elementos químicos); Geofísica (foram selecionadas as seguintes variáveis: V1, V2, V5, V8, V9, V13, V14) (Anexo IX). As variáveis geofísicas foram selecionadas tendo em consideração os resultados da ACP. As variáveis são resultantes dos dados da resistividade com todos os dispositivos usados, e as que escolhemos foram aquelas que revelaram em cada uma das associações os valores próprios mais elevados.

O resultado da Análise de Componentes Principais encontra-se no Quadro 6.1, que apresenta os valores próprios, a variância explicada de cada fator e a respetiva variância acumulada. Como se pode verificar pela análise do Quadro 6.1 os primeiros 4 fatores explicam 71,25% da inércia total. A figura 6.1 apresenta graficamente a variância explicada para cada fator.

**Quadro 6.1** - Valores próprios e variância explicada pelos 4 fatores extraídos da matriz de dados brutos.

	Valores próprios	Variância Explicada %	Variância Explicada Acumulada %
<b>Fator 1</b>	3.85	29.63	29.63
<b>Fator 2</b>	2.61	20.05	49.68
<b>Fator 3</b>	1.61	12.35	62.03
<b>Fator 4</b>	1.20	9.23	71.25



**Figura 6.1** - Representação dos 4 primeiros fatores da análise de ACP.

O Quadro 6.2 mostra as coordenadas das 13 variáveis nos 4 fatores retidos. A retenção do número de fatores atendeu a um critério empírico na base dos valores próprios superiores a 1 (Davis, 1973, 1986), levando à detenção de 4 fatores.

Da análise do Quadro 6.2 conclui-se que as variáveis com coordenadas superiores a  $>0.500$ , para os quatro primeiros fatores são:

Fator 1: V5-DP, V13-A, FGQ5, FGQ6-W, V1-IS em oposição a V8-MIME

Fator 2: V14-MG, FGQ2-Moagem em oposição V2-MA, (V1-IS)

Fator 3: FGQ-3, V9-WISE em oposição FGQ1-Geologia

Fator 4: FGQ-4



Quadro 6.2 - Coordenadas das 13 variáveis dos quatro primeiros fatores.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
FGQ1-Geologia	0,008	-0,339	0,717	0,099
FGQ2-Moagem	0,004	0,528	0,290	-0,149
FGQ3	0,441	0,265	-0,596	0,421
FGQ4	-0,154	-0,174	0,198	0,835
FGQ5	0,633	-0,190	0,165	-0,485
FGQ6-W	0,620	0,441	-0,192	0,030
V1-IS	0,613	-0,512	-0,002	0,066
V2-MA	0,112	-0,846	-0,231	-0,081
V5-DP	0,955	-0,146	0,121	0,069
V8-MIME	-0,827	-0,166	-0,218	-0,043
V9-WISE	0,361	0,206	-0,521	-0,111
V13-A	0,838	0,231	0,315	0,163
V14-MG	-0,175	0,871	0,250	-0,006

No anexo X estão representadas as coordenadas das amostras nos sistemas de fatores, obtidas através do software *Statistica*. Este anexo serviu de base no software *Surfer 8*, para criar a Grid File XYZ. Os valores X e Y representam as coordenadas cartográficas e os valores Z são os fatores.

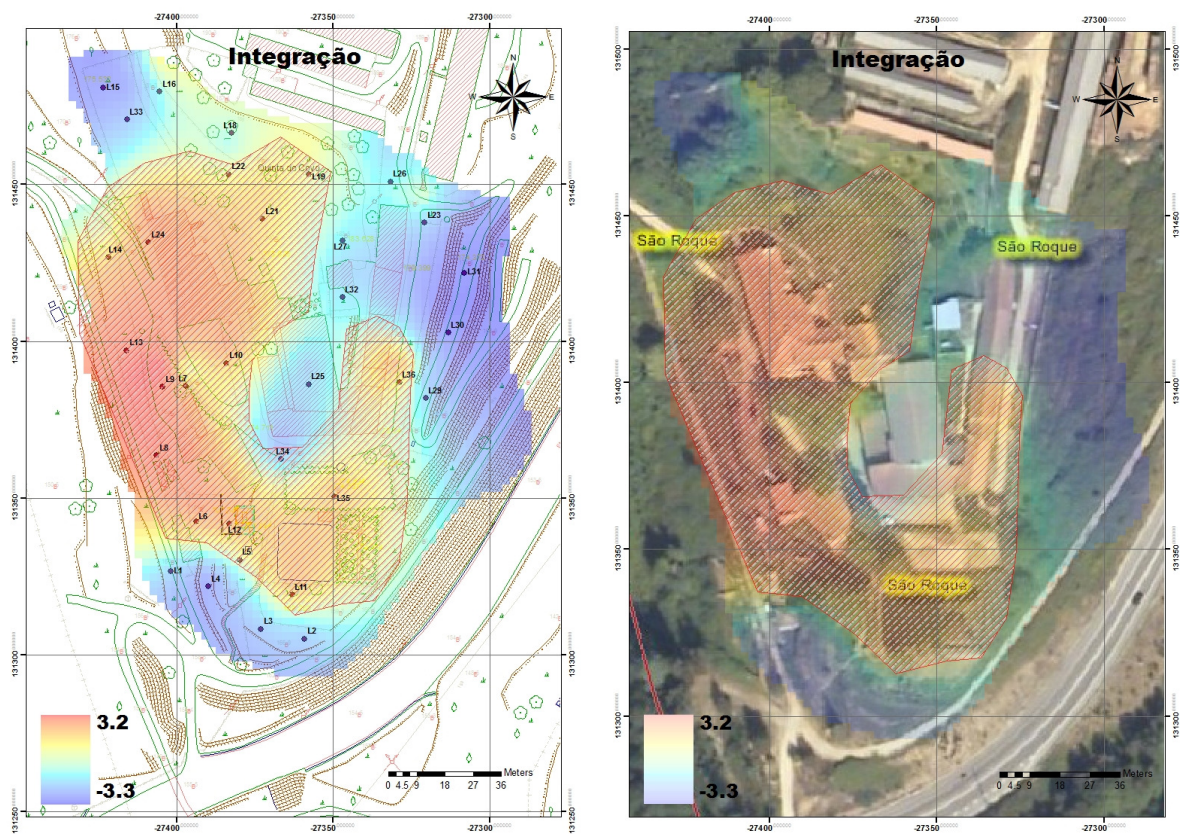
Após analisar as relações entre os fatores geoquímicos de 1ª ordem (FGQ1-Geologia, FGQ2-Moagem, FGQ3, FGQ4, FGQ5, FGQ6-W) e as variáveis geofísicas (V1-IS, V2-MA, V5-DP, V8-MEMI, V9-WISE, V13-A, V14-MG), com Análise de Componentes Principais, encontrou-se uma ligação através do novo fator 2 (2ª ordem), entre V14-MG e FGQ2-Moagem, em oposição a V2-MA e V1-IS e que dá resposta ao objetivo do trabalho realizado no âmbito desta dissertação.

Tendo em consideração os resultados obtidos é possível concluir que nas amostras onde existe associação Zn, Ag, Cd, Pb, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, Sr, Au, LOI, Sn, MnO, Cu, (caracter antrópico ligadas ao fabrico do vidro) ligadas ao fator 2 da 1ª ordem os valores de resistividade aritmética (MA) são os mais baixos de todos inferiores a 500 Ohm.m. Neste locais o índice de simetria também é baixo inferior a 20 Ohm.m aproximando-se da homogeneidade. O parâmetro da resistividade média medida da anisotropia ou média geométrica também é importante mantendo valores elevados.

O resultado do picadeiro interior está fora da área selecionada dado nesse local ter ocorrido uma remobilização do terreno e portanto estar fora das condições originais e consequentemente da nossa área selecionada.

As restantes associações desta análise ACP parecem traduzir a componente heterogeneidade ou anisotropia do meio associadas à componente geogénica ou uma componente aleatória ligada à intervenção humana durante e pós processo de instalação da fábrica do Côvo.

A figura 6.2. representa uma área a sombreado que integra dados geoquímicos e geofísicos e como tal representa um modelo ocupacional que define um zonamento arqueológico integrado que está ligado ao processo de fabrico de vidros no Côvo.



**Figura 6.2** – Integração de dados geoquímicos e geofísicos com a área (sombreado) que estará ligada ao processo de fabrico de vidro do Côvo (datum 73 Hayford Gauss IPCC).



## 7. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. E. R. (1993) – *Técnicas Tripotenciais e efeitos de orientação em polarização induzida*. Tese de doutoramento: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, 345pp.
- ALVES O. L.; GIMENEZ L.F.; MAZALI I.O.(2001) – *Vidros Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. Edição Especial. Acedido em: <http://pt.scribd.com/doc/3736710/Quimica-Cadernos-Tematicos-Vidros> a 15-12-2012.
- ARAÚJO, M.A.; GOMES, A.; CHAMINÉ, H.I.; FONSECA, P.E.; GAMA PEREIRA, L.C.; PINTO DE JESUS, A. (2003) - *Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto – Espinho (W de Portugal): Implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña; Vol.28, pp 79-105. Acedido em: <http://web.letras.up.pt/asaraujo/Trabalhos/40%20Laxe.pdf> a 25-03-2011.
- Atlas do Ambiente – Instituto do Ambiente- Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e Ambiente. Acedido em: <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/> a 22-03-2011.
- AUGE, M. (2008) - *Métodos Geoelectricos para la Prospección de Água Subterránea*. Profesor Titular de Hidrogeología, 30pp. Acedido em: <http://www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/prospeccion-geoelctrica.pdf> a 07-11-2011.
- BORGES (2002) - Capítulo 2- *Métodos Geofísicos*, pp 38-46. Acedido em: [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F14%2F14132%2Ftde-26042004-112913%2Fpublico%2FBORGES\\_2002\\_Cap2\\_eletrico.pdf&ei=XMDT9DFF8\\_d8QOZktEk&usg=AFQjCNGZPkDwtUhbneW85jM4XeCaF3MyLw&sig2=Ri5SLtNv0Jco4CXV9k0UrQ](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F14%2F14132%2Ftde-26042004-112913%2Fpublico%2FBORGES_2002_Cap2_eletrico.pdf&ei=XMDT9DFF8_d8QOZktEk&usg=AFQjCNGZPkDwtUhbneW85jM4XeCaF3MyLw&sig2=Ri5SLtNv0Jco4CXV9k0UrQ) a 07-11-2011.
- BRINDLEY, G. M. & BROWN, G. (1980) — *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Society, Monograph no. 5, London, 485pp.
- CANDEIAS, C.M.L. (2008) – *Caracterização ambiental da zona envolvente à área mineira de Aljustrel*. Tese de Mestrado: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, 275pp.
- CARDOSO, J.C. (1995) – *Utilização da análise em componentes principais, variografia e krigagem factorial na identificação de anomalias geoquímicas, empregando sedimentos de linhas de água como meio amostral*. Tese de doutoramento: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.
- CARRIÇO, M.C.A. (1999) – *Aplicação de métodos geomatemáticos no tratamento de dados geoquímicos de sedimentos de linhas de água na zona compreendida entre Moimenta da Beira e Armamar*. Tese de Mestrado: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.
- CHAMINÉ, H.I. (2000) – *Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho – Albergaria-a-Velha (zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas*. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto.
- CHAMINÉ, H.I.; GAMA PEREIRA, L.C.; FONSECA, P.E.; NORONHA, F.; LEMOS DE SOUSA, M.J. (2003) - *Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Coimbra-Tomar, entre as Zonas Centro-Ibéica e de Ossa-Morena (Maciço Ibérico, W de Portugal)*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña; Vol.28, pp 37-78. Acedido em: <http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/6554/1/CA-28-3.pdf> a 25-03-2011.
- CHAMINÉ, H.I.; GOMES, A.; TEIXEIRA, J.; FONSECA, P.E.; PINTO DE JESUS, A.; GAMA PEREIRA, L.C.; SOARES DE ANDRADE, A.A.; FERNANDES, J.P.; MOÇO, L.P.; FLORES, D.; ARAÚJO, M.A. & ROCHA, F.T. (2004) - *Geologia, geomorfologia e estratigrafia dos domínios estruturais de carvoeiro-caldas de S. Jorge e de Soutelo-Arrancado do Vouga (faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar, NW de Portugal): implicações tectonoestratigráficas*. Caderno Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña; Vol.29; pp 299-330. Acedido em: [http://web.letras.up.pt/asaraujo/Trabalhos/43%20Chamine\\_Laxe.pdf](http://web.letras.up.pt/asaraujo/Trabalhos/43%20Chamine_Laxe.pdf) a 25-03-2011.
- COELHO, A.; CHAMINÉ, H. I.; GOMES, A.; FONSECA, P. E.; ROCHA, F. T. (2009) - *Depósitos de caulino associados à faixa metamórfica de Espinho–Albergaria-a-Velha (NW de Portugal): quadro geológico estrutural e morfotectónico*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña; Vol.34; pp 89-120. Acedido em: [http://www.udc.es/iux/almacen/articulos/cd34\\_art06.pdf](http://www.udc.es/iux/almacen/articulos/cd34_art06.pdf) a 25-03-2011.



- COSTA, P. (1954) - *Subsídios para a História da Indústria vidreira no Concelho de Oliveira de Azeméis. (Casa e Fábrica do Covo, e continuadoras desta no Concelho de Oliveira de Azeméis)*. In *Arquivo Distrital de Aveiro*, Vol. 20, N.º 80, pp. 266-299.
- COSTA, P. (1955a) - *Subsídios para a História da Indústria vidreira no Concelho de Oliveira de Azeméis. (Casa e Fábrica do Covo, e continuadoras desta no Concelho de Oliveira de Azeméis)*. In *Arquivo do Distrito de Aveiro*, Vol. 21, N.º 81, pp. 64-79.
- COSTA, P. (1955b) - *Subsídios para a História da Indústria vidreira no Concelho de Oliveira de Azeméis. (Casa e Fábrica do Covo, e continuadoras desta no Concelho de Oliveira de Azeméis)*. In *Arquivo do Distrito de Aveiro*, Vol. 21, N.º 82, pp. 84-97.
- CUSTÓDIO, J. (2002) – *A Real Fábrica de Vidro de Coia [1719-1747] e o vidro em Portugal nos séculos XVII e XVIII*. Lisboa:IPPAR.
- DAVIS, J.C. (1973) – *Statistics and data analysis in geology*. Wiley, New York.
- DAVIS, J.C. (1986) – *Statistics and data analysis in geology*; John Wiley & Sons, inc., New York, 2nd edn.
- FERREIRA, M. M. S. I. (2004) – *Dados geoquímicos de base de solos de Portugal Continental, utilizando amostragem de baixa densidade*. Tese de doutoramento: Geociências. Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, 286pp.
- GANDOLFO, O. C. B. (2007) – *Um estudo do imageamento geoelectrico na investigação rasa*. Tese de doutoramento: Instituto de Geociências; Universidade de São Paulo, 234pp. Acedido em: [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCoQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F44%2F44133%2Ftde-25042008-142218%2Fpublico%2FOCBG1.pdf&ei=dqUDT8KoCMGk8gOO\\_cmnAQ&usg=AFQjCNF2reBZmY1CiRRWWkwcfKzgnXZUTw&sig2=1I8ZSTfHqfQ78y3\\_G2A-w](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCoQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F44%2F44133%2Ftde-25042008-142218%2Fpublico%2FOCBG1.pdf&ei=dqUDT8KoCMGk8gOO_cmnAQ&usg=AFQjCNF2reBZmY1CiRRWWkwcfKzgnXZUTw&sig2=1I8ZSTfHqfQ78y3_G2A-w) a 07-11-2011.
- GANDOLFO, O. C. B.; GALLAS, J. D. F. (2005) – *Eletroresistividade 3D – uma avaliação preliminar da técnica*. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 23, no.2 São Paulo. Acedido em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2005000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2005000200008&script=sci_arttext) a 07-11-2001.
- GARCIA, P. M. P. (2009) – *Prospecção na Quinta do Côvo*. Tese de Mestrado: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, 82 pp.
- GOMES, C.S.F. (1990) – *Minerais Industriais, Matérias Primas Cerâmicas*. Instituto Nacional de Investigação Científica. Aveiro. 247pp
- Informações para a Estatística Industrial: Publicadas pela Repartição de Pesos e Medidas* (1867) – Distrito de Aveiro, Lisboa, Imprensa Nacional.
- KEAREY, P.; BROOKS, M. (1984) – *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp 198-225.
- LOKE, M. H. (1999) - *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Copyright (1999-2001), 62 pp. Acedido em: <http://www.geoelec.com.mx/softeletricos/lokenote.pdf> a 07-11-2011.
- LOPES, V. J. S. (2007) – *Instrumentação virtual aplicada ao ensino experimental de engenharia elétrica*. Tese de Mestrado: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 108 pp.
- MORENO, F.A. (2000) – *Estudos dos mecanismos de dispersão de elementos vestigiais em sedimentos de corrente e águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Antuã – avaliação de riscos e classificação de vulnerabilidades*. Tese de Doutoramento: Geociências, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro
- OLIVEIRA, J. P. L. (2009) – *Caracterização da pluma de contaminação numa antiga lixeira com o método de Resistividade Eléctrica*. Tese de Mestrado: Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 73 pp. Acedido em: [http://www.cicege.fct.unl.pt/files/TeseM\\_JOliveira.pdf](http://www.cicege.fct.unl.pt/files/TeseM_JOliveira.pdf) a 07-11-2011.
- ORELLANA, E. (1982) – *Prospeccion Geoelectrica en corriente continua. Segunda Edicion Corregida y Ampliada*. Paraninfo. Madrid. Biblioteca Tecnica Philips, 578pp.
- PEREIRA, E.; GONÇALVES, L. S. M.; MOREIRA, A. F. D. (1980) – *Carta Geológica de Portugal e Notícia Explicativa da Folha 13-D (Oliveira de Azeméis) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, Direcção-Geral de Geologia e Minas, 68pp.

- PEREIRA, G.; SOUSA, A.J. (1991) – *Análise de dados para o tratamento de quadros multidimensionais*. Textos de apoio ao curso intensivo de análise de dados.
- PESSOA, M. (2008) - Apontamentos de Geologia de Engenharia – Prospecção Geofísica. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, 42pp.
- REIS, A. P. M. (2009) – Apontamentos de Geoestatística. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências.
- REYNOLDS, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons. 796pp.
- SANTOS, F. M. (2006) – *Capítulo 4. Técnicas para Investigação de Estruturas Superficiais – O método da resistividade. Prospecção geofísica*, pp 21. Acedido em: <http://194.117.7.100/FMSantos/PG1-Capitulo4-Parte1.pdf> a 07-11-2011.
- SANTOS, S. C. F. (2002) - *Município de Oliveira de Azeméis: Azeméis é vida*. Paredes: Reviver Editora, 95pp.
- SOUSA, A.J. (1999) – *Apontamentos da disciplina "Interpretação de Dados Geoquímicos (Geoestatística)"*; LMPM IST; das aulas do Curso de Mestrado em Geoquímica 2002/2003 da Universidade de Aveiro.
- TAVARES, J. F. A. (1993) – *Métodos de Resistividade Eléctrica em terrenos anisotrópicos*. Tese de Mestrado: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 147pp.
- TAVARES, J. T. (2009a) – *Fabrica de Vidros do Côvo: Motivações para o estudo*. Sector de Museu e Arqueologia do Município de Oliveira de Azeméis.
- TAVARES, J. T. (2009b) – *Fábrica de Vidros do Côvo: Resultados do ponto de vista Arqueológico*. Sector de Museu e Arqueologia do Município de Oliveira de Azeméis.
- TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. (1990) – *Applied geophysics*. 2ed. Cambridge: Cambridge University Press. 770pp
- VELHO, J. L. (1997) – *A Reciclagem e o seu Real Impacto no consumo de Recursos Minerais: o caso a Indústria do Vidro*. III Congresso da Geografia Portuguesa, Porto. Edições Colibri e Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa, pp 447-452.

### Referências eletrónicas:

- [w<sub>1</sub>] - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Oliveira de Azem%C3%A9is](http://pt.wikipedia.org/wiki/Oliveira_de_Azem%C3%A9is) (01-03-2011)
- [w<sub>2</sub>] - <http://www.eb1-s-roque-n1.rcts.pt/localizacao.htm> (01-03-2011)
- [w<sub>3</sub>] - Temperatura - <http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.6> (21-03-2011)
- [w<sub>4</sub>] - Precipitação - [http://snirh.pt/snirh/dadosbase/site/janela\\_relatorio.php?sites=920685208&pars=100744007&tmin=01/10/2009&tmax=30/09/2010](http://snirh.pt/snirh/dadosbase/site/janela_relatorio.php?sites=920685208&pars=100744007&tmin=01/10/2009&tmax=30/09/2010) (21-03-2011)
- [w<sub>5</sub>] - Velocidade do vento média diária - [http://snirh.pt/snirh/dadosbase/site/janela\\_relatorio.php?sites=920685208&pars=490270858&tmin=01/01/2010&tmax=31/12/2010](http://snirh.pt/snirh/dadosbase/site/janela_relatorio.php?sites=920685208&pars=490270858&tmin=01/01/2010&tmax=31/12/2010) (21-03-2011)

### Software utilizado:

- ESRI® ArcMap™ 9.3.1. ArcGis Desktop Evaluation Edition 9.3.1. License Type: ArcEditor. Copyright © 1999-2009 ESRI Inc. All Rights Reserved. Student Edition.
- Grid Convert – Versão 1.0 © 2004 Geospatial Designs. Acedido em: <http://www.geospatialdesigns.com>.
- Statistica – Versão 8.0 (2007) Copyright © StatSoft, Inc 1984 – 2007. Acedido em: <http://www.statsoft.com/>.
- Surfer – Versão 8.00 (2002). Surface Mapping System Copyright © 1993-2002, Golden Software, Inc. Acedido em: <http://www.goldensoftware.com/>.



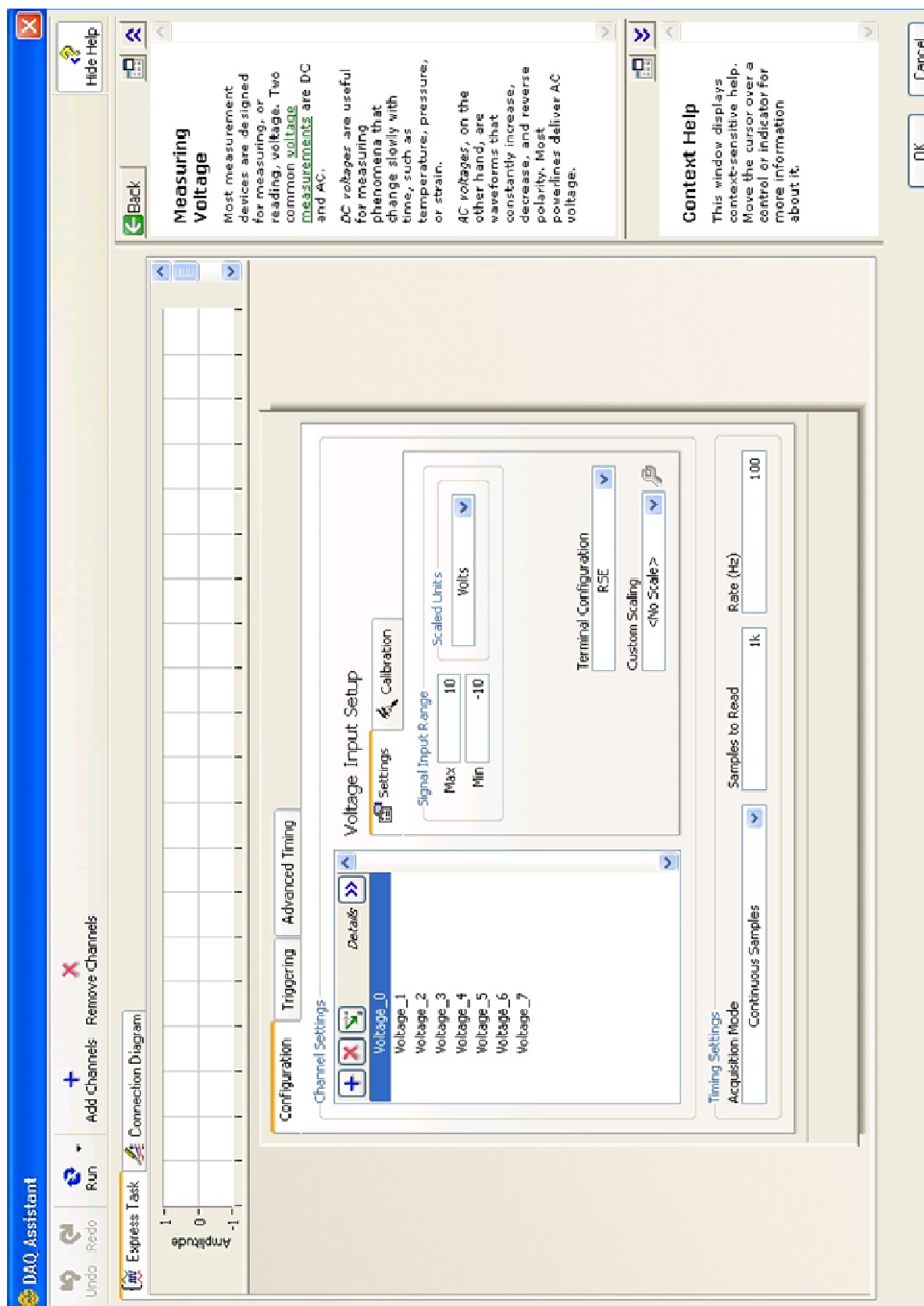
## 8. Anexos





## 8.1. ANEXO I

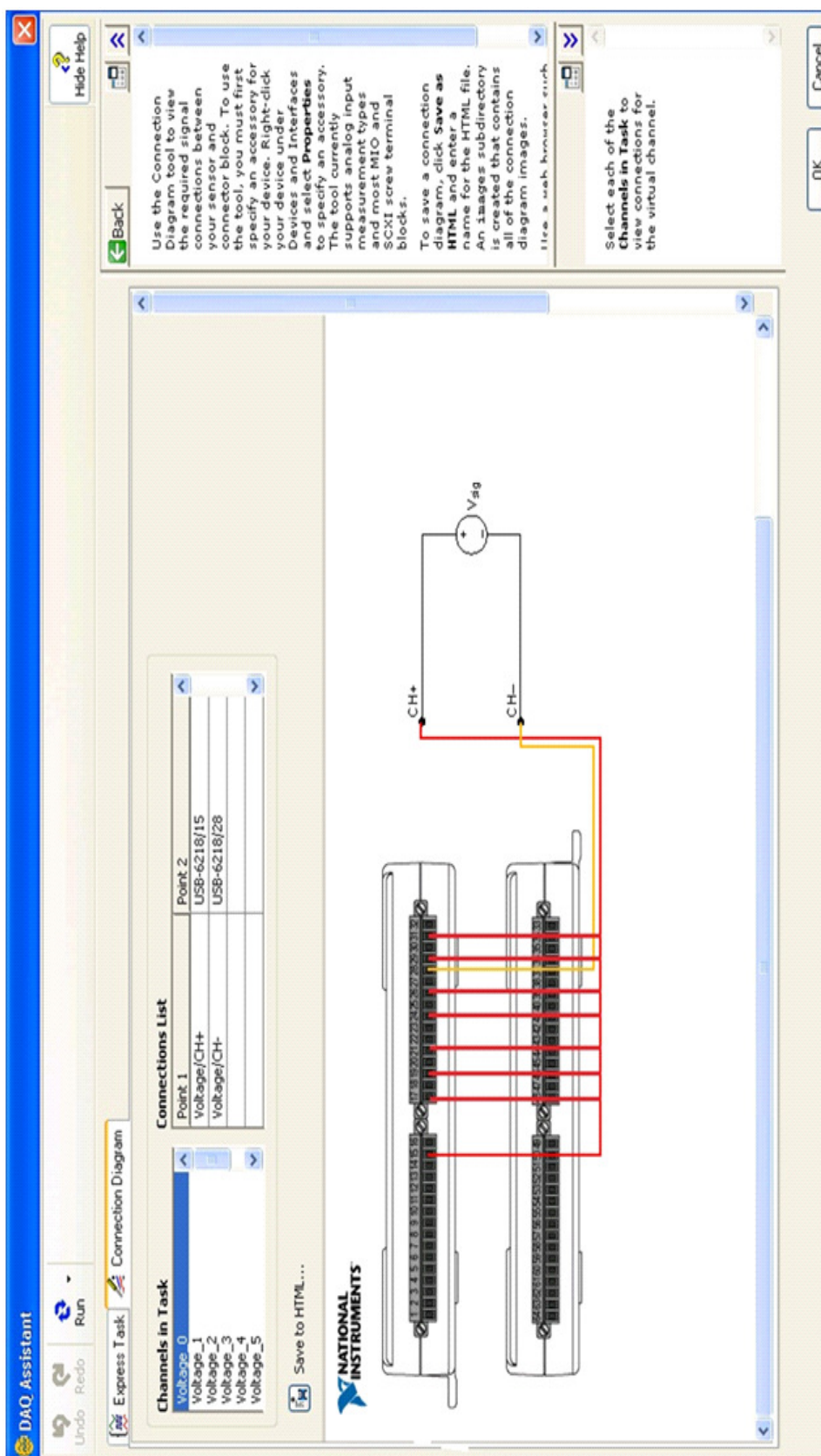
Anexo 1 - Configuração da DAQ - Adição dos oito canais elétricos que se usaram para medir a diferença de potencial.





## 8.2. ANEXO II

Anexo 2 - Configuração da DAQ - Diagrama das respectivas ligações de cada cabo elétrico.

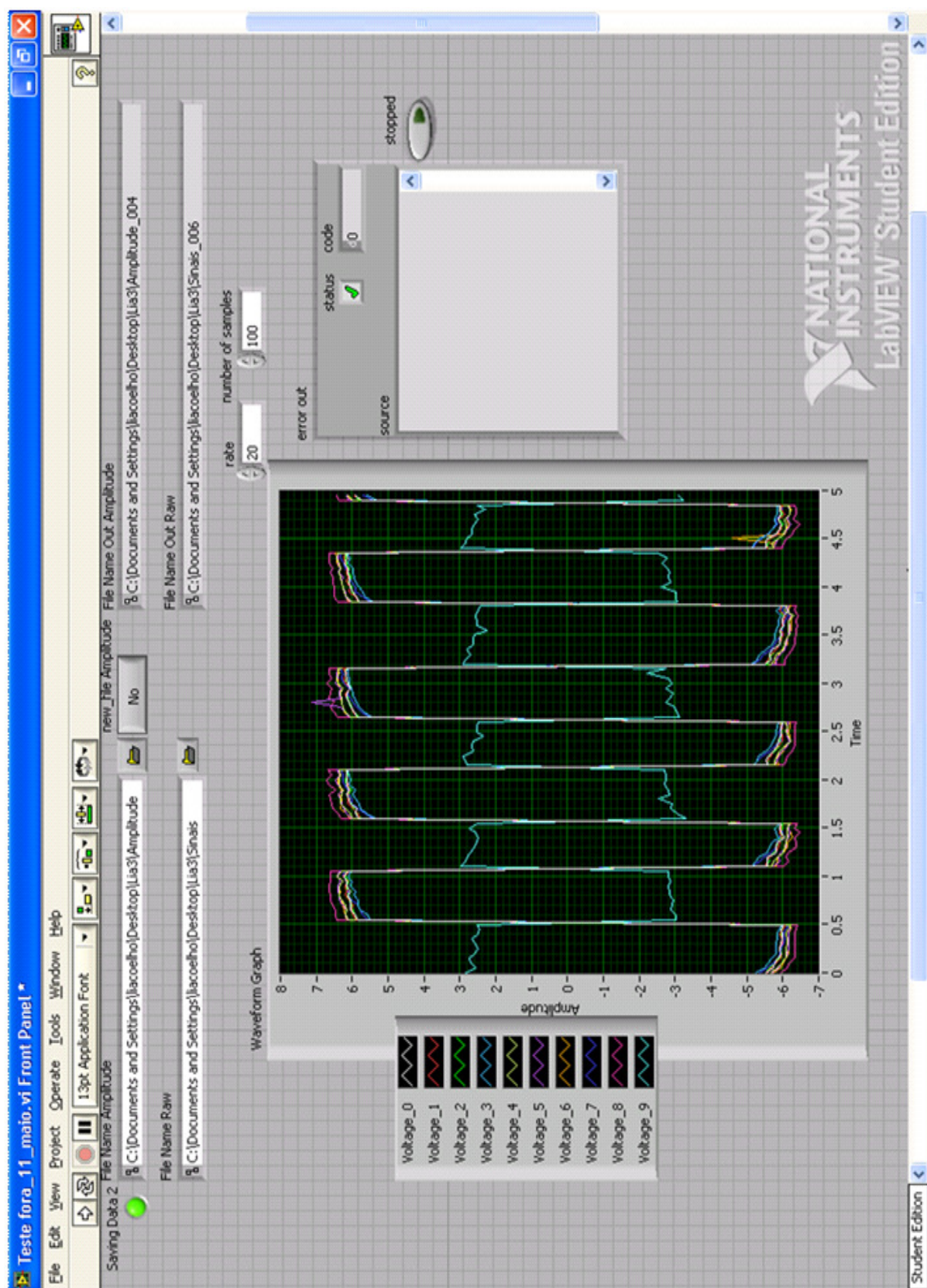






### 8.3. ANEXO III

#### Anexo 3 - LabView - Painei frontal













## 8.5. ANEXO V

### Anexo 5 - Programação em Matlab

#### Medições do tapete (load xy2)

```
0      0.15
-0.15  0
0      -0.15
0.15   0
-0.1425 0.1425
-0.1425 -0.1425
0.1425 -0.1425
0.1425 0.1425
```

#### Função da elipse

```
function zt=elipses(vetor,x,y,limiter)
a=vetor(1)
b=vetor(2)
teta=vetor(3)
xt=cos(teta)*x-sin(teta)*y
yt=sin(teta)*x+cos(teta)*y
rt=(a*xt.^2+b*yt.^2)
zt=1./rt
%pause
zt(rt<limiter)=nan
end
```

#### Função diferença quadrática teórica real

```
function valor=difquadraticateorreal(vetor,x,y,zr)

a=vetor(1);
b=vetor(2);
teta=vetor(3);
%pause
xt=cos(teta)*x-sin(teta)*y;
yt=sin(teta)*x+cos(teta)*y;
rt=(a*xt.^2+b*yt.^2);
zt=1./rt;

valor=sum((zr-zt).^2);

end
```

**Script total para leitura dos dados obtidos através do LabView.**

```
%Programa 3D
clear all
close all

%z=load ('amp_L25_005.lvm');corrente=0.02;
z=load ('amp_L36_003.lvm');corrente=0.02;

zresistencia=(z./(2*corrente));
%pause
load('xy2.txt');
xtapete=xy2(:,1);
ytapete=xy2(:,2);
d=sqrt(xtapete.^2+ytapete.^2);

zresistividade=zresistencia*2*pi.*d;

xlabel('x')
ylabel('y')
minx=min(xtapete);
maxx=max(xtapete);
miny=min(ytapete);
maxy=max(ytapete);

n=50
x=linspace(minx,maxx,n);
y=linspace(miny,maxy,n);

[X,Y]=meshgrid(x,y); % matriz X,Y composta a partir dos 2 vetores x,y

subplot (2,2,1)
ZREF=griddata(xtapete,ytapete,zresistencia,X,Y,'v4');
contourf(X,Y,ZREF)
colorbar
title ('Resistência em Ohm')
xlabel('Distância E-W em m')
ylabel('Distância N-S em m')
hold on; plot(xtapete,ytapete,'*r',xtapete,ytapete,'ob');hold off
subplot (2,2,2)
Z=griddata(xtapete,ytapete,zresistividade,X,Y,'v4');
contourf(X,Y,Z)
colorbar
title ('Resistividade em Ohm.m')
```

```
xlabel('Distância E-W em m')
ylabel('Distância N-S em m')
hold on; plot(xtapete,ytapete,'*r',xtapete,ytapete,'ob');hold off
%subplot (2,2,2)
%surf (X,Y,ZREF)
%hold off

a=0.001
b=0.001

vetor=[a,b,0];

[dados,fval]=fminsearch(@difquadraticateorreal, vetor,optimset('TolX',1e-8),xtapete,ytapete,zresistencia)

xc=reshape(X,prod(size(X)),1)
yc=reshape(Y,prod(size(Y)),1)
a=dados(1)
b=dados(2)

limiter=0.0000015
z=elipses(dados,xc,yc,limiter)

%escala=[-0.3 0.3 -0.3 0.3 0 max(zresistencia)];
%axis(escala)

subplot (2,2,3)
%plot3(xc,yc,z,'.g')

xs=linspace(min(xc),max(xc))
ys=linspace(min(yc),max(yc))
[XS,YS]=meshgrid(xs,ys)
ZS=griddata(xc,yc,z,XS,YS)

surf(XS,YS,ZS)
shading interp
hold on

plot3 (xtapete,ytapete,zresistencia,'*r',xtapete,ytapete,zresistencia,'ob')
title ('Resistência modelo elíptico em Ohm')
xlabel('Distância E-W em m')
ylabel('Distância N-S em m')
hold off
zok=z~=nan
subplot (2,2,4)
XC=reshape(xc,n,n)
```



```
YC=reshape(yc,n,n)
ZC=reshape(z,n,n)
contourf(XC,YC,ZC)
title('resistência modelo 166lítico em Ohm')
xlabel('distancia E-W em m')
ylabel('distancia N-S em m')
colorbar
```

## 8.6. ANEXO VI

### Anexo 6 - Resultados das análises químicas das amostras de solo realizadas na 1ª e na 2ª Campanha

Refª	M	P	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	MnO (%)
C1-1	-27424.481	131431.155	44.80	20.03	13.43	2.24	0.39	0.31	1.03	1.60	0.30	0.20
C1-2	-27412.705	131413.670	63.12	17.28	5.15	0.72	0.37	1.10	2.74	0.82	0.36	0.03
C1-3	-27409.137	131395.471	64.01	16.47	3.49	0.59	0.80	1.75	3.36	0.47	0.43	0.03
C1-4	-27389.867	131393.687	71.81	12.68	3.50	0.59	0.25	0.84	2.51	0.65	0.23	0.02
C1-5	-27382.017	131380.484	64.87	13.31	3.60	0.61	0.21	0.79	2.62	0.63	0.28	0.02
C1-6	-27400.929	131372.276	57.84	16.27	4.41	0.66	0.67	1.14	2.74	0.57	0.55	0.05
C1-7	-27379.162	131348.011	66.88	11.53	3.90	0.44	0.57	0.45	1.43	0.39	0.58	0.06
C1-8	-27385.228	131395.114	54.46	18.26	8.10	1.99	0.55	0.21	1.89	1.29	0.33	0.06
C1-9	-27397.004	131355.148	58.42	14.00	4.56	0.64	0.63	0.49	1.96	0.63	0.73	0.07
C1-19	-27310.292	131402.251	60.37	15.37	5.63	0.91	0.09	0.32	2.34	0.79	0.67	0.02
C1-20A	-27323.629	131416.008	68.54	14.54	4.52	0.77	0.26	0.52	2.50	0.76	0.17	0.02
C1-20	-27326.720	131399.628	60.25	15.56	5.19	0.78	0.48	0.49	2.13	0.66	0.23	0.05
C1-21	-27304.583	131431.869	63.69	15.40	5.68	0.97	0.20	0.33	2.37	0.82	0.54	0.02
C1-22	-27357.395	131410.458	61.56	18.14	5.17	0.78	0.33	1.09	2.76	0.67	0.19	0.02
C1-23	-27372.739	131429.014	55.79	16.36	5.97	0.93	0.42	0.42	2.21	0.77	0.49	0.08
C1-24A	-27353.113	131436.864	58.14	16.31	5.78	0.90	0.20	0.33	2.23	0.74	0.44	0.06
C1-25A	-27355.611	131458.631	54.96	16.56	5.88	1.04	0.47	0.46	2.33	0.81	0.37	0.06
C1-33	-27404.141	131455.420	55.01	23.19	5.40	1.63	0.20	0.90	3.12	0.65	0.16	0.06
C1-34	-27341.694	131420.450	62.15	15.50	7.34	0.64	0.15	0.36	2.26	0.78	0.37	0.02
C1-35A	-27347.760	131420.806	59.64	17.24	8.58	0.50	0.10	0.33	2.17	0.86	0.34	0.01
C1-36A	-27362.034	131420.806	62.65	14.33	5.40	0.88	0.54	0.37	2.20	0.77	0.31	0.04
C1-37	-27379.519	131429.371	56.79	17.20	6.24	1.00	0.44	0.44	2.20	0.85	0.53	0.06
C1-38	-27398.431	131466.125	55.43	16.52	6.36	1.20	0.30	0.36	2.01	0.85	0.36	0.07
C1-39	-27340.980	131457.204	59.57	15.92	5.26	0.73	0.20	0.35	2.30	0.75	0.25	0.03
C1-40	-27363.104	131349.796	65.37	15.80	5.57	0.79	0.26	0.32	2.57	0.70	0.16	0.03
C1-41	-27335.271	131356.219	57.62	19.07	4.02	0.70	1.18	0.58	2.69	0.56	0.23	0.05
C1-42	-27344.549	131336.949	61.54	17.40	5.38	0.86	0.21	0.64	2.65	0.76	0.30	0.05
C1-43A	-27387.369	131313.398	57.72	16.16	6.35	1.03	0.26	0.31	2.14	0.75	0.40	0.05
C1-44	-27367.030	131315.182	59.59	18.08	6.83	1.17	0.26	0.36	2.62	0.87	0.24	0.04
C1-45	-27304.583	131365.140	59.05	17.05	5.09	0.85	0.81	1.03	3.00	0.61	0.27	0.07
C1-46	-27392.008	131346.941	57.89	14.29	4.67	0.76	0.76	0.48	2.04	0.68	0.72	0.08
C2-L1A	-27337.740	131353.000	57.30	18.98	5.17	1.02	1.30	0.54	2.32	0.72	0.21	0.05
C2-L2	-27355.730	131355.170	68.78	17.00	1.92	0.32	0.17	0.43	5.14	0.33	0.10	0.01
C2-L3	-27341.920	131335.030	55.75	17.22	5.71	0.92	0.45	0.51	2.21	0.82	0.48	0.06
C2-L4	-27346.880	131340.080	56.05	17.68	5.15	0.83	0.53	0.57	2.25	0.71	0.59	0.09
C2-L5	-27357.310	131398.210	67.80	16.94	6.47	1.34	0.14	0.48	2.54	0.80	0.12	0.02
C2-L6	-27359.370	131392.230	64.99	16.12	6.78	0.62	0.29	0.32	2.19	0.90	0.09	0.03
C2-L7	-27383.332	131341.884	52.39	16.35	5.89	0.61	1.02	0.61	1.70	0.94	1.01	0.12
C3-L1	-27402.030	131326.620	61.90	16.49	5.25	0.87	0.34	0.69	2.41	0.71	0.37	0.04
C3-L2	-27359.230	131305.190	55.44	18.57	6.52	0.99	0.13	0.37	2.61	0.86	0.47	0.04
C3-L3	-27373.200	131308.330	54.45	18.80	6.29	1.12	0.24	0.40	2.63	0.81	0.65	0.06
C3-L4	-27389.978	131321.903	58.59	16.11	7.17	1.00	0.17	0.26	1.96	0.78	0.39	0.04
C3-L5	-27379.990	131330.400	56.50	18.73	6.27	1.25	0.40	0.43	2.72	0.87	0.48	0.05
C3-L6	-27393.870	131342.550	60.51	14.27	4.51	0.70	0.48	0.47	1.82	0.67	0.79	0.10
C3-L7	-27397.302	131385.712	54.55	18.19	5.14	0.80	0.52	0.88	2.68	0.69	0.47	0.05
C3-L8	-27406.530	131363.720	51.45	17.41	5.55	0.87	0.77	0.57	2.39	0.77	0.91	0.09
C3-L9	-27404.580	131385.484	62.12	17.13	4.24	0.69	0.71	1.82	3.58	0.50	0.37	0.05
C3-L10	-27384.185	131393.064	63.93	17.48	4.96	0.87	0.24	0.75	2.51	0.79	0.34	0.03
C3-L11	-27363.090	131319.230	56.42	18.56	7.35	0.95	0.39	0.33	2.59	0.91	0.41	0.04
C3-L13	-27416.136	131397.173	58.85	17.12	4.54	0.71	0.43	0.97	2.57	0.68	0.63	0.06
C3-L14	-27422.050	131426.860	53.43	18.05	7.03	1.01	0.32	0.44	1.96	1.02	0.52	0.08
C3-L15	-27423.520	131480.900	52.78	21.52	7.29	0.94	0.07	0.45	2.19	0.98	0.23	0.04
C3-L16	-27405.520	131479.720	54.12	18.06	7.02	1.35	0.30	0.32	1.93	0.98	0.31	0.07

<b>C3-L18</b>	-27382.640	131466.490	55.43	17.35	6.66	1.23	0.24	0.32	2.00	0.89	0.44	0.07
<b>C3-L19</b>	-27357.760	131453.240	56.76	17.10	6.04	0.97	0.31	0.37	2.21	0.82	0.52	0.07
<b>C3-L21</b>	-27372.629	131439.018	58.09	17.17	6.44	1.03	0.34	0.38	2.13	0.87	0.44	0.08
<b>C3-L22</b>	-27383.521	131453.385	53.95	17.49	6.48	1.17	0.35	0.38	2.19	0.86	0.47	0.08
<b>C3-L23</b>	-27320.757	131437.795	57.63	18.98	5.08	0.83	0.26	0.58	2.80	0.71	0.23	0.03
<b>C3-L24</b>	-27409.203	131431.579	58.33	19.71	5.45	0.88	0.60	1.46	2.77	0.83	0.32	0.04
<b>C3-L25</b>	-27357.900	131386.370	64.07	16.96	9.22	0.75	0.10	0.10	1.36	0.94	0.13	0.03
<b>C3-L26</b>	-27331.770	131450.980	59.49	17.34	6.44	1.14	0.24	0.38	2.65	0.85	0.21	0.03
<b>C3-L27</b>	-27346.970	131432.120	57.93	16.13	6.12	0.95	0.26	0.30	2.14	0.75	0.50	0.05
<b>C3-L29</b>	-27320.450	131381.840	58.73	16.04	5.88	1.01	0.45	0.37	2.37	0.76	0.89	0.03
<b>C3-L30</b>	-27313.240	131402.770	60.04	15.72	5.80	0.95	0.15	0.32	2.20	0.80	0.71	0.02
<b>C3-L31</b>	-27308.050	131421.730	59.85	15.53	5.98	1.08	0.36	0.30	2.20	0.80	1.07	0.02
<b>C3-L32</b>	-27347.140	131414.120	59.15	18.88	3.08	0.52	0.45	1.21	2.44	0.49	0.38	0.03
<b>C3-L33</b>	-27416.026	131470.741	49.24	18.45	5.79	0.96	0.11	0.39	2.17	0.78	0.32	0.03
<b>C3-L34</b>	-27366.772	131362.425	64.40	17.20	4.37	0.68	0.22	1.22	2.94	0.56	0.28	0.03
<b>C3-L35</b>	-27349.771	131350.461	69.51	17.23	1.79	0.22	0.11	0.44	4.92	0.31	0.09	0.01
<b>C1-18A</b>	-27328.848	131386.907	61.19	15.10	4.63	0.76	0.58	0.60	2.32	0.70	0.29	0.04

Amostras	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Sc (ppm)	LOI (%)	Ba (ppm)	Be (ppm)	Co (ppm)	Cs (ppm)	Ga (ppm)	Hf (ppm)	Nb (ppm)	Rb (ppm)	Sn (ppm)
C1-1	0.02	46.00	15.40	181.00	2.00	60.40	4.20	22.60	4.70	8.40	55.50	8.00
C1-2	0.01	18.00	8.10	432.00	2.00	7.30	8.20	20.40	4.50	10.50	130.90	61.00
C1-3	0.01	11.00	8.40	264.00	2.00	7.10	9.60	20.80	4.30	11.80	211.20	16.00
C1-4	0.01	11.00	6.70	333.00	2.00	5.70	5.90	14.90	4.70	9.80	109.10	15.00
C1-5	0.01	11.00	12.90	334.00	2.00	6.40	7.50	15.60	5.10	10.30	132.10	24.00
C1-6	0.01	13.00	14.80	337.00	4.00	9.70	9.60	20.80	5.70	12.40	164.40	45.00
C1-7	0.01	12.00	13.50	259.00	1.00	11.30	5.10	12.70	3.10	6.60	83.50	15.00
C1-8	0.02	27.00	12.60	294.00	2.00	10.00	7.70	21.20	6.60	8.80	96.80	13.00
C1-9	0.01	13.00	17.60	424.00	2.00	9.50	7.70	17.00	4.30	10.30	114.20	38.00
C1-19	0.01	17.00	13.30	387.00	2.00	8.70	7.80	17.80	5.80	11.70	99.60	10.00
C1-20A	0.01	15.00	7.20	378.00	2.00	7.80	6.70	16.80	5.50	10.90	105.40	11.00
C1-20	0.01	15.00	14.00	320.00	1.00	9.40	8.40	17.00	5.00	11.00	110.80	18.00
C1-21	0.01	17.00	9.70	390.00	2.00	9.70	7.90	17.30	6.00	12.10	103.10	28.00
C1-22	0.01	16.00	9.10	396.00	2.00	9.30	11.60	21.70	5.50	12.10	133.80	9.00
C1-23	0.01	18.00	16.30	391.00	2.00	12.00	9.20	19.80	5.20	11.50	118.60	35.00
C1-24A	0.01	17.00	14.70	346.00	2.00	11.50	7.80	19.60	5.20	12.00	109.70	15.00
C1-25A	0.01	18.00	16.80	395.00	2.00	12.70	9.50	19.30	6.00	11.60	117.80	19.00
C1-33	0.01	16.00	9.50	156.00	3.00	11.80	9.70	24.50	3.60	10.70	198.50	12.00
C1-34	0.01	19.00	10.20	350.00	2.00	7.30	7.40	18.40	6.00	11.60	90.70	7.00
C1-35A	0.02	18.00	10.00	381.00	2.00	5.80	6.00	20.60	6.50	13.60	81.00	8.00
C1-36A	0.01	16.00	12.30	357.00	2.00	9.70	7.30	17.30	5.50	11.30	101.60	14.00
C1-37	0.01	20.00	14.00	350.00	2.00	12.10	8.40	19.80	5.50	12.10	117.40	25.00
C1-38	0.01	19.00	16.30	340.00	2.00	13.10	8.20	18.30	5.20	12.00	108.20	14.00
C1-39	0.01	16.00	14.40	356.00	1.00	7.70	7.20	17.80	5.90	11.60	103.10	8.00
C1-40	0.01	17.00	8.30	288.00	1.00	9.90	8.20	18.00	5.40	12.00	120.00	12.00
C1-41	0.01	13.00	13.10	286.00	2.00	7.80	10.00	21.40	4.70	13.00	154.20	16.00
C1-42	0.01	17.00	10.00	330.00	2.00	9.70	8.00	18.20	4.80	11.10	119.70	20.00
C1-43A	0.01	16.00	14.60	415.00	3.00	13.10	8.80	20.70	5.70	11.70	102.30	15.00
C1-44	0.02	21.00	9.70	436.00	2.00	12.80	8.60	20.00	6.10	12.90	111.40	18.00
C1-45	0.01	15.00	12.00	334.00	4.00	9.00	10.50	20.70	6.00	14.10	158.20	29.00
C1-46	0.01	15.00	17.30	465.00	2.00	8.90	7.20	16.40	4.20	10.50	106.30	68.00
C2-L1A	0.01	15.00	12.20	340.00	4.00	13.20	11.90	22.80	5.10	13.90	145.40	17.00
C2-L2	0.00	8.00	5.70	388.00	2.00	4.80	10.80	21.60	3.50	12.30	228.00	18.00
C2-L3	0.01	17.00	15.70	344.00	2.00	10.60	8.80	20.20	5.60	11.60	115.10	28.00
C2-L4	0.01	15.00	15.30	558.00	3.00	11.10	10.30	19.90	5.80	13.50	128.60	28.00
C2-L5	0.01	15.00	3.20	369.00	2.00	9.70	9.90	20.70	5.00	13.10	111.50	7.00
C2-L6	0.01	17.00	7.50	371.00	2.00	10.10	5.40	20.40	6.70	14.40	74.80	15.00
C2-L7	0.02	20.00	19.10	378.00	0.50	9.80	7.00	18.80	4.90	10.60	97.50	25.00
C3-L1	0.01	16.00	10.80	371.00	2.00	11.40	8.00	19.80	5.50	10.80	119.10	19.00
C3-L2	0.01	19.00	13.80	476.00	2.00	10.30	9.40	22.50	5.90	12.50	110.00	14.00
C3-L3	0.01	19.00	14.40	455.00	2.00	13.10	10.70	21.90	6.30	12.80	126.00	34.00
C3-L4	0.01	17.00	13.40	345.00	2.00	13.20	8.50	19.80	5.00	10.80	93.10	11.00
C3-L5	0.02	19.00	12.10	493.00	2.00	13.20	11.20	21.10	5.90	11.60	125.40	27.00
C3-L6	0.01	14.00	15.50	437.00	2.00	9.30	7.90	16.10	5.30	9.50	99.70	71.00
C3-L7	0.01	16.00	15.90	429.00	5.00	9.10	9.90	20.70	4.90	12.00	152.80	20.00
C3-L8	0.01	16.00	19.00	402.00	2.00	11.20	10.00	20.90	5.80	11.70	131.00	24.00
C3-L9	0.01	13.00	8.70	325.00	5.00	6.40	12.00	23.00	6.50	12.90	201.60	40.00
C3-L10	0.01	16.00	8.00	333.00	4.00	7.10	14.40	21.10	5.20	11.90	175.70	31.00
C3-L11	0.02	23.00	11.90	482.00	2.00	10.00	8.50	24.10	5.70	13.00	102.30	15.00
C3-L13	0.01	14.00	13.30	382.00	2.00	10.00	9.00	19.70	5.50	11.00	152.40	47.00
C3-L14	0.02	21.00	16.00	355.00	2.00	16.30	9.90	20.40	6.90	11.10	115.30	15.00
C3-L15	0.02	24.00	13.40	228.00	2.00	12.30	8.80	23.70	4.70	10.70	116.00	8.00
C3-L16	0.02	22.00	15.40	326.00	0.50	14.30	8.30	20.70	5.80	10.40	102.30	12.00
C3-L18	0.01	20.00	15.20	357.00	3.00	13.60	8.70	21.70	5.70	11.40	103.90	13.00
C3-L19	0.01	17.00	14.70	408.00	2.00	12.10	9.20	19.40	6.40	11.60	112.30	20.00
C3-L21	0.01	19.00	12.90	395.00	2.00	11.80	9.40	19.30	6.60	11.70	109.90	25.00
C3-L22	0.01	19.00	16.40	391.00	2.00	13.70	8.80	19.70	5.50	11.70	116.20	19.00



<b>C3-L23</b>	0.01	16.00	12.70	422.00	1.00	9.60	9.40	23.60	4.90	11.80	134.50	12.00
<b>C3-L24</b>	0.01	18.00	9.50	504.00	2.00	11.20	10.70	25.10	5.40	12.10	161.70	34.00
<b>C3-L25</b>	0.01	16.00	6.20	290.00	3.00	4.90	15.10	19.30	7.50	11.90	101.40	2.00
<b>C3-L26</b>	0.01	19.00	11.10	485.00	2.00	11.40	9.20	21.20	5.90	12.10	112.40	8.00
<b>C3-L27</b>	0.01	16.00	14.70	373.00	3.00	10.70	9.10	20.60	5.30	11.30	109.40	35.00
<b>C3-L29</b>	0.01	16.00	13.30	398.00	1.00	8.50	8.90	19.00	5.70	10.80	112.10	18.00
<b>C3-L30</b>	0.01	16.00	13.10	406.00	2.00	8.30	7.70	19.40	7.00	11.70	99.40	10.00
<b>C3-L31</b>	0.01	16.00	12.60	419.00	2.00	10.40	7.90	18.00	6.20	11.60	105.00	7.00
<b>C3-L32</b>	0.01	10.00	13.30	256.00	3.00	5.50	12.80	22.00	4.70	12.20	158.90	20.00
<b>C3-L33</b>	0.01	18.00	21.70	256.00	1.00	8.70	8.80	22.50	5.30	9.40	118.20	15.00
<b>C3-L34</b>	0.01	12.00	8.00	352.00	3.00	6.70	10.00	22.30	5.70	12.90	182.70	84.00
<b>C3-L35</b>	0.00	8.00	5.30	336.00	2.00	3.30	10.00	23.70	3.60	11.40	232.10	18.00
<b>C1-18A</b>	0.01	14.00	13.50	327.00	2.00	9.90	7.90	16.90	6.20	11.30	116.50	14.00

Amostra	Sr (ppm)	Ta (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	W (ppm)	Zr (ppm)	Y (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)
C1-1	20.80	0.60	5.50	2.90	285.00	4.50	152.10	70.10	50.30	48.10	13.46	58.60	12.58
C1-2	35.70	1.10	10.40	5.60	125.00	5.70	146.40	24.70	27.20	57.80	7.05	27.20	5.62
C1-3	36.80	1.50	12.90	12.70	65.00	3.90	134.90	21.60	23.10	50.90	6.20	24.90	4.91
C1-4	29.00	1.00	10.50	4.00	80.00	41.60	160.00	19.60	25.60	58.50	6.73	26.60	5.19
C1-5	30.80	1.00	16.00	5.00	78.00	39.40	161.70	22.00	30.90	71.00	8.17	33.20	6.34
C1-6	45.50	1.20	15.50	28.10	98.00	5.10	168.60	28.20	28.30	66.50	7.28	27.80	5.84
C1-7	36.00	0.70	8.50	4.80	61.00	3.00	90.50	13.90	28.30	56.00	7.06	25.90	4.29
C1-8	22.20	0.70	10.80	3.80	198.00	13.00	220.60	38.30	32.70	64.70	8.84	36.30	7.22
C1-9	50.10	1.00	8.80	4.60	103.00	4.50	155.50	22.90	28.50	71.30	7.55	28.60	5.50
C1-19	36.10	0.90	10.70	4.60	119.00	4.20	191.30	28.90	32.50	72.70	8.06	32.20	6.13
C1-20A	30.60	1.00	12.30	4.00	97.00	32.30	183.80	26.30	32.40	74.20	8.26	32.50	6.21
C1-20	38.20	1.00	10.00	4.70	99.00	3.50	169.40	23.50	28.50	68.80	7.16	28.20	5.74
C1-21	33.70	0.90	13.60	4.70	121.00	4.40	208.90	29.90	35.30	81.00	8.83	35.10	6.72
C1-22	55.40	1.10	11.40	6.70	110.00	4.50	174.70	33.70	47.30	73.10	12.49	50.30	9.49
C1-23	44.30	1.10	10.30	4.50	121.00	5.40	176.40	25.70	31.20	68.30	7.74	29.70	5.73
C1-24A	30.50	1.10	10.00	5.10	113.00	4.30	171.00	26.20	27.10	63.70	6.93	27.00	5.44
C1-25A	40.90	0.90	11.60	4.80	128.00	5.20	185.20	30.70	39.40	76.10	9.91	41.10	7.53
C1-33	25.20	1.30	6.40	6.10	106.00	2.90	97.20	12.80	14.40	34.00	4.08	16.90	3.73
C1-34	32.10	1.00	10.50	4.40	127.00	6.50	184.80	26.40	24.60	63.30	6.30	25.90	5.72
C1-35A	28.10	1.00	11.70	5.50	145.00	6.30	208.10	26.30	28.90	88.20	7.41	29.10	5.74
C1-36A	44.00	0.90	10.60	4.10	110.00	8.80	171.50	25.40	29.30	67.90	7.22	27.70	5.46
C1-37	36.60	1.10	10.80	5.30	127.00	5.20	181.70	26.80	31.20	69.60	7.77	28.40	5.70
C1-38	31.70	1.00	10.10	4.60	128.00	4.70	180.80	26.80	29.10	65.30	7.24	28.00	5.51
C1-39	31.20	0.90	11.30	4.90	108.00	4.00	202.60	25.40	27.60	69.60	6.97	27.20	5.36
C1-40	28.70	1.10	11.40	7.10	90.00	4.30	176.70	21.60	25.40	73.40	6.26	24.60	4.88
C1-41	47.80	1.80	9.80	8.50	70.00	4.20	142.20	18.70	26.00	62.20	6.43	25.00	5.09
C1-42	30.40	1.10	10.50	5.20	108.00	5.70	154.70	22.70	28.70	64.50	7.18	27.70	5.70
C1-43A	36.30	0.90	11.70	5.40	139.00	5.30	196.60	29.50	30.70	78.30	7.85	29.90	6.17
C1-44	34.50	1.00	11.40	4.50	139.00	4.90	198.90	28.40	30.10	76.60	7.49	29.60	5.85
C1-45	69.10	1.70	19.30	9.90	95.00	6.20	177.10	27.70	31.30	74.60	7.87	31.20	6.41
C1-46	53.30	1.00	9.10	5.30	94.00	4.00	139.60	21.20	24.00	58.90	6.03	23.10	4.80
C2-L1A	66.40	1.60	10.80	6.90	106.00	6.40	162.20	25.90	32.50	72.70	7.98	29.80	5.82
C2-L2	34.10	2.10	11.10	9.40	37.00	6.80	106.40	22.10	23.30	54.20	6.26	23.90	5.13
C2-L3	34.70	1.00	9.70	5.30	124.00	5.80	180.70	32.70	29.70	67.80	7.46	28.40	5.82
C2-L4	49.30	1.30	12.50	6.70	114.00	5.60	183.60	26.00	36.10	77.90	8.93	32.60	6.66
C2-L5	28.10	1.10	10.50	5.00	135.00	3.50	175.20	25.00	29.30	67.00	7.49	28.00	5.69
C2-L6	35.50	1.00	14.30	4.60	154.00	6.30	240.00	31.50	24.50	67.60	6.35	24.60	4.97
C2-L7	61.20	1.00	10.00	5.90	151.00	3.50	155.20	23.60	21.80	51.20	5.53	21.00	4.34
C3-L1	37.60	1.10	9.80	5.60	135.00	5.80	186.60	29.30	29.10	63.80	7.39	29.10	5.77
C3-L2	29.20	1.10	13.70	5.80	165.00	5.60	191.80	30.70	34.60	78.80	8.89	35.40	6.62
C3-L3	35.50	0.90	12.10	6.50	153.00	5.20	187.40	31.00	31.20	68.60	7.85	30.30	5.81
C3-L4	25.40	1.00	10.30	4.50	148.00	5.20	172.80	26.00	29.10	78.70	7.11	27.40	5.40
C3-L5	40.00	1.00	12.20	5.90	158.00	5.90	198.40	31.40	34.30	74.30	8.69	35.00	6.56
C3-L6	40.90	1.10	10.10	6.10	107.00	4.10	171.40	23.60	27.70	59.10	6.91	26.50	4.95
C3-L7	38.00	1.20	12.10	8.30	120.00	10.80	166.90	23.50	29.80	63.40	7.57	28.00	5.66
C3-L8	51.20	1.10	11.40	7.10	125.00	5.30	172.10	27.20	31.30	63.60	7.84	31.00	6.05
C3-L9	52.00	1.50	30.10	26.50	76.00	5.20	169.30	28.10	36.70	75.10	9.26	37.20	7.44
C3-L10	41.60	2.30	10.80	5.80	116.00	11.60	191.00	24.40	30.70	68.20	8.04	31.00	6.58
C3-L11	34.50	1.10	12.40	5.30	161.00	5.70	199.90	29.90	33.00	86.70	8.22	34.20	6.59
C3-L13	38.50	1.40	12.80	8.30	96.00	6.90	167.00	22.70	31.00	65.50	7.82	30.70	5.79
C3-L14	31.80	1.10	13.40	6.10	155.00	5.20	211.50	36.80	43.00	87.00	11.04	43.60	8.35
C3-L15	17.30	1.10	12.30	6.90	159.00	3.30	174.80	32.30	28.10	68.70	7.50	30.00	6.18
C3-L16	28.60	1.10	13.30	5.30	151.00	4.80	199.00	31.50	37.60	82.50	9.70	39.30	7.24
C3-L18	28.10	1.00	10.90	5.00	135.00	5.00	208.00	28.20	33.40	66.70	8.30	33.70	6.32
C3-L19	34.50	1.10	12.50	5.30	123.00	4.70	213.20	26.00	31.50	69.60	8.05	32.80	6.07
C3-L21	40.70	1.20	11.50	4.90	128.00	5.60	204.20	29.00	35.80	74.80	9.02	34.50	6.74
C3-L22	37.20	1.00	12.40	5.10	128.00	5.10	206.10	33.80	34.40	72.30	8.76	35.10	6.79

<b>C3-L23</b>	33.80	1.10	13.70	5.80	102.00	7.50	179.90	26.70	33.70	73.50	8.61	32.80	6.26
<b>C3-L24</b>	39.10	1.70	10.70	7.70	107.00	3.90	193.80	26.60	31.40	64.00	8.20	32.40	6.28
<b>C3-L25</b>	29.30	1.10	11.00	5.60	136.00	8.80	249.10	30.00	39.90	86.70	10.08	40.70	7.76
<b>C3-L26</b>	29.70	0.90	13.10	4.50	127.00	4.90	198.90	28.30	33.00	74.50	8.45	34.90	6.46
<b>C3-L27</b>	29.80	1.10	11.50	5.20	107.00	4.10	176.80	24.80	28.30	63.50	7.26	28.90	5.48
<b>C3-L29</b>	39.30	1.00	13.60	5.80	113.00	5.30	193.60	26.60	32.70	73.80	8.33	33.60	6.19
<b>C3-L30</b>	39.60	1.00	14.60	5.30	115.00	5.20	208.60	28.90	37.60	79.20	9.66	37.00	6.88
<b>C3-L31</b>	42.00	1.00	13.00	5.60	118.00	3.70	204.10	28.50	34.90	77.30	8.85	34.80	6.77
<b>C3-L32</b>	33.70	1.60	12.80	7.50	49.00	3.60	154.20	19.70	25.50	57.60	6.80	27.70	5.72
<b>C3-L33</b>	21.40	1.00	9.50	5.90	121.00	3.20	157.40	23.10	26.30	55.90	6.83	26.40	5.41
<b>C3-L34</b>	32.80	1.70	11.30	8.10	75.00	5.40	167.30	22.10	27.40	61.40	7.07	28.00	5.47
<b>C3-L35</b>	29.30	1.60	11.70	9.90	18.00	4.10	107.60	20.40	20.70	46.60	5.43	20.00	4.37
<b>C1-18A</b>	35.30	1.10	13.00	5.10	93.00	14.50	195.40	25.20	34.10	74.70	8.72	33.50	6.57

Amostras	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
C1-1	4.02	12.71	2.16	12.31	2.50	7.19	1.11	6.97	1.14	0.40	215.60	62.80	76.00
C1-2	1.15	4.85	0.88	4.71	0.94	2.68	0.44	2.68	0.44	0.50	51.80	342.00	112.00
C1-3	0.75	4.17	0.73	3.95	0.75	2.18	0.35	2.17	0.34	0.80	51.10	180.20	138.00
C1-4	0.84	3.90	0.66	3.70	0.71	1.96	0.31	2.01	0.32	0.50	44.90	67.10	97.00
C1-5	0.88	4.77	0.77	4.16	0.75	2.15	0.34	2.03	0.33	0.50	53.30	124.60	96.00
C1-6	0.92	4.88	0.85	5.01	0.94	2.79	0.43	2.82	0.43	0.70	271.40	417.00	189.00
C1-7	0.76	2.99	0.50	2.78	0.51	1.43	0.21	1.37	0.22	0.80	214.20	472.80	137.00
C1-8	1.60	6.71	1.13	6.52	1.35	3.98	0.59	3.76	0.60	0.60	122.80	214.50	145.00
C1-9	0.96	4.37	0.71	3.74	0.77	2.33	0.38	2.31	0.37	0.50	229.70	302.90	295.00
C1-19	1.16	5.19	0.88	4.90	0.97	2.88	0.41	2.77	0.43	1.40	111.00	63.20	88.00
C1-20A	1.07	4.97	0.84	4.50	0.87	2.53	0.38	2.57	0.39	0.50	87.80	34.30	92.00
C1-20	1.07	4.40	0.79	4.27	0.86	2.41	0.36	2.34	0.35	0.50	201.90	129.40	66.00
C1-21	1.22	5.34	0.95	5.28	1.00	2.94	0.46	2.98	0.46	1.20	93.40	63.00	124.00
C1-22	2.09	7.57	1.27	6.59	1.21	3.31	0.50	3.20	0.49	0.70	88.20	66.80	104.00
C1-23	1.19	4.99	0.84	4.46	0.91	2.60	0.40	2.49	0.39	0.70	187.00	218.30	130.00
C1-24A	1.10	4.72	0.82	4.79	0.91	2.53	0.38	2.41	0.40	0.60	142.70	168.20	103.00
C1-25A	1.50	6.28	1.02	5.53	1.07	3.12	0.46	2.95	0.47	0.60	538.80	137.60	104.00
C1-33	0.60	3.24	0.56	2.75	0.46	1.23	0.18	1.33	0.19	0.10	31.30	27.10	57.00
C1-34	1.40	5.34	0.93	5.36	0.95	2.76	0.40	2.50	0.41	0.80	54.60	645.30	85.00
C1-35A	1.07	4.81	0.83	4.60	0.91	2.79	0.44	2.77	0.47	0.70	76.20	53.20	67.00
C1-36A	1.07	4.68	0.79	4.59	0.87	2.60	0.40	2.56	0.40	0.60	106.80	114.40	103.00
C1-37	1.19	5.08	0.89	4.73	0.92	2.91	0.42	2.76	0.42	0.60	132.20	170.30	139.00
C1-38	1.10	4.73	0.83	4.72	0.93	2.90	0.42	2.72	0.43	0.60	163.50	153.70	110.00
C1-39	0.98	4.64	0.79	4.29	0.87	2.51	0.40	2.51	0.39	0.60	248.00	58.70	64.00
C1-40	0.88	4.12	0.73	4.21	0.81	2.36	0.34	2.27	0.37	0.60	67.10	91.00	63.00
C1-41	0.91	4.33	0.72	3.71	0.70	1.94	0.30	1.86	0.28	0.40	145.50	171.70	86.00
C1-42	1.12	4.84	0.82	4.30	0.86	2.45	0.37	2.36	0.38	0.50	119.30	244.70	89.00
C1-43A	1.29	5.41	0.90	5.19	0.96	2.98	0.47	2.89	0.45	0.70	104.00	114.50	117.00
C1-44	1.23	5.24	0.92	5.16	1.00	3.09	0.47	3.01	0.47	0.70	72.00	137.20	92.00
C1-45	1.03	5.21	0.92	5.19	0.99	2.90	0.46	2.97	0.48	0.90	61.60	203.20	105.00
C1-46	0.95	4.19	0.73	3.96	0.78	2.40	0.38	2.40	0.36	0.60	235.30	459.00	151.00
C2-L1A	1.14	5.14	0.86	4.91	0.92	2.74	0.40	2.63	0.39	0.50	204.20	294.10	106.00
C2-L2	0.80	4.62	0.83	4.28	0.75	2.07	0.30	1.78	0.26	0.30	20.00	37.00	40.00
C2-L3	1.13	5.15	0.89	5.13	1.07	3.46	0.52	3.33	0.49	0.70	223.40	336.10	123.00
C2-L4	1.24	5.71	0.96	5.08	0.93	2.83	0.43	2.88	0.40	0.60	226.10	659.30	166.00
C2-L5	1.16	5.19	0.86	4.70	0.91	2.60	0.43	2.62	0.42	0.40	21.00	35.40	35.00
C2-L6	1.03	4.92	0.88	5.59	1.07	3.34	0.55	3.33	0.55	0.50	37.20	24.20	53.00
C2-L7	0.74	3.97	0.71	4.12	0.85	2.48	0.37	2.41	0.38	0.60	172.30	319.00	323.00
C3-L1	1.14	5.25	0.95	5.18	1.00	3.08	0.45	3.01	0.45	0.60	63.00	122.70	133.00
C3-L2	1.33	6.01	0.99	5.16	1.10	3.11	0.48	3.25	0.47	1.10	161.50	155.20	103.00
C3-L3	1.28	5.51	0.96	5.13	1.02	2.95	0.47	3.00	0.46	0.70	101.90	251.00	134.00
C3-L4	1.16	5.19	0.82	4.44	0.96	2.79	0.44	2.84	0.44	0.80	74.50	76.50	129.00
C3-L5	1.35	5.92	0.96	5.42	1.06	3.30	0.51	3.45	0.51	0.50	99.30	216.80	129.00
C3-L6	1.00	4.44	0.72	4.06	0.81	2.41	0.35	2.46	0.34	0.80	230.90	590.80	156.00
C3-L7	1.03	5.17	0.82	4.61	0.83	2.38	0.35	2.57	0.38	0.50	174.90	307.70	171.00
C3-L8	1.12	5.30	0.89	4.88	0.89	2.70	0.42	2.79	0.42	0.70	321.00	187.90	184.00
C3-L9	0.98	6.00	0.98	5.37	0.97	3.06	0.46	3.28	0.48	0.70	168.40	456.90	144.00
C3-L10	1.32	6.05	0.96	5.04	0.93	2.78	0.43	2.60	0.39	0.60	70.60	84.80	94.00
C3-L11	1.29	5.73	0.91	5.18	1.05	3.01	0.47	3.27	0.48	0.80	71.20	134.30	104.00
C3-L13	1.04	4.74	0.79	4.08	0.77	2.33	0.31	2.28	0.34	0.50	267.00	316.20	130.00
C3-L14	1.78	7.39	1.23	6.86	1.28	3.90	0.57	3.70	0.57	0.60	240.30	83.20	91.00
C3-L15	1.23	5.77	1.01	5.65	1.07	3.24	0.50	3.35	0.50	0.50	56.30	36.50	73.00
C3-L16	1.45	6.56	1.08	5.91	1.14	3.29	0.51	3.31	0.50	0.50	348.60	145.30	114.00
C3-L18	1.26	5.68	0.95	5.44	1.07	2.93	0.45	3.02	0.46	0.70	216.50	129.70	107.00
C3-L19	1.20	5.33	0.85	4.84	0.87	2.66	0.41	2.87	0.41	0.90	203.50	201.80	111.00
C3-L21	1.40	5.67	0.97	5.34	1.04	2.98	0.46	3.21	0.46	0.50	267.30	216.00	116.00
C3-L22	1.33	6.00	1.03	5.99	1.18	3.42	0.53	3.31	0.52	0.60	183.00	194.50	112.00



<b>C3-L23</b>	1.20	5.47	0.90	4.99	0.92	2.77	0.42	2.80	0.42	0.60	218.30	63.00	110.00
<b>C3-L24</b>	1.14	5.41	0.98	5.39	1.02	2.87	0.45	2.99	0.44	0.30	61.10	542.20	98.00
<b>C3-L25</b>	1.47	7.21	1.16	6.04	1.15	3.31	0.48	3.08	0.48	0.40	41.10	8.70	113.00
<b>C3-L26</b>	1.26	5.60	0.97	5.55	1.08	3.15	0.49	3.16	0.47	0.60	60.00	27.00	97.00
<b>C3-L27</b>	1.11	4.80	0.86	4.44	0.88	2.77	0.44	2.80	0.42	0.80	154.40	162.90	108.00
<b>C3-L29</b>	1.18	5.45	0.90	5.02	0.97	2.85	0.46	2.76	0.45	1.00	161.60	80.70	179.00
<b>C3-L30</b>	1.34	5.95	0.98	5.03	1.02	3.10	0.48	3.27	0.47	1.50	117.00	76.10	129.00
<b>C3-L31</b>	1.30	5.59	0.94	4.96	0.97	2.94	0.48	3.10	0.45	1.60	129.80	72.70	209.00
<b>C3-L32</b>	0.88	5.07	0.83	4.21	0.77	2.03	0.32	1.94	0.29	0.40	27.00	372.90	79.00
<b>C3-L33</b>	1.06	4.80	0.81	4.15	0.83	2.33	0.41	2.48	0.37	0.50	80.50	93.00	73.00
<b>C3-L34</b>	0.94	4.65	0.78	4.09	0.77	2.38	0.37	2.24	0.34	0.60	120.60	138.60	92.00
<b>C3-L35</b>	0.69	4.08	0.71	3.66	0.69	1.92	0.28	1.60	0.22	0.30	14.90	31.00	30.00
<b>C1-18A</b>	1.12	5.26	0.84	4.52	0.83	2.39	0.36	2.36	0.37	0.60	274.20	137.30	140.00

Amostras	Ni (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	Ag (ppm)	Au (ppb)	Hg (ppm)	Tl (ppm)	Se (ppm)
C1-1	30.70	36.70	0.10	0.30	0.50	0.10	5.50	0.21	0.40	1.80
C1-2	22.50	30.90	0.05	1.90	1.80	0.30	43.80	2.05	0.30	0.70
C1-3	18.00	55.50	0.20	2.10	1.20	0.05	3.40	0.12	0.40	0.60
C1-4	16.10	114.40	0.20	0.30	2.50	0.10	3.00	0.07	0.30	0.50
C1-5	15.90	60.20	0.20	0.50	1.50	0.10	17.00	0.19	0.30	0.25
C1-6	19.00	84.40	0.40	9.80	1.50	0.20	14.40	0.89	0.40	0.80
C1-7	17.10	58.80	0.30	1.10	0.90	0.30	13.50	0.71	0.30	0.70
C1-8	41.30	35.90	0.05	0.70	0.70	0.20	6.90	0.26	0.50	0.80
C1-9	24.10	33.10	0.60	1.60	0.70	0.30	29.00	0.76	0.40	0.90
C1-19	23.90	40.80	0.10	0.30	0.50	0.05	2.90	0.12	0.40	1.30
C1-20A	21.00	128.70	0.40	0.20	2.50	0.10	1.50	0.02	0.30	0.80
C1-20	23.00	105.00	0.20	2.40	0.60	0.10	3.50	0.22	0.40	1.20
C1-21	29.00	43.20	0.10	0.30	0.60	0.05	2.00	0.07	0.50	1.00
C1-22	19.30	48.10	0.05	0.30	0.80	0.05	2.60	0.06	0.40	0.60
C1-23	26.50	53.10	0.20	0.90	0.80	0.30	12.40	0.58	0.40	1.20
C1-24A	26.90	44.30	0.10	0.80	0.70	0.20	5.80	0.32	0.40	0.60
C1-25A	28.10	52.40	0.10	0.60	0.70	0.20	6.80	0.38	0.40	0.90
C1-33	11.70	17.80	0.05	0.10	1.20	0.05	3.60	0.05	0.30	0.70
C1-34	25.60	99.30	0.05	1.60	0.50	0.05	1.60	0.04	0.40	0.50
C1-35A	21.80	172.20	0.05	0.30	0.50	0.05	6.30	0.05	0.30	0.80
C1-36A	24.30	48.70	0.10	0.50	0.50	0.10	3.90	0.14	0.30	0.80
C1-37	28.40	45.50	0.20	0.60	0.70	0.20	7.80	0.39	0.30	1.40
C1-38	25.00	38.30	0.20	0.90	0.70	0.20	6.80	0.31	0.30	0.80
C1-39	18.10	35.00	0.05	0.60	0.60	0.05	4.50	0.24	0.30	1.30
C1-40	22.20	57.30	0.05	0.40	0.80	0.05	7.20	0.29	0.40	0.70
C1-41	17.90	93.80	0.30	1.30	1.10	0.10	5.00	0.17	0.40	0.80
C1-42	23.40	39.20	0.10	1.10	0.80	0.20	14.70	1.41	0.30	0.80
C1-43A	28.80	38.90	0.20	0.70	0.60	0.10	15.40	0.55	0.40	0.60
C1-44	34.00	46.60	0.10	0.60	0.60	0.10	10.20	0.89	0.50	0.70
C1-45	23.90	111.00	0.30	1.70	1.40	0.10	5.40	0.25	0.60	0.25
C1-46	19.30	37.00	0.30	1.60	0.90	0.50	18.30	1.31	0.30	0.25
C2-L1A	32.10	104.90	0.20	1.60	0.90	0.20	15.40	0.23	0.50	0.70
C2-L2	7.10	62.90	0.10	0.20	1.50	0.05	2.00	0.02	0.40	0.25
C2-L3	26.60	46.50	0.10	1.00	0.60	0.30	10.20	1.11	0.40	1.20
C2-L4	25.20	48.00	0.20	1.00	1.00	0.30	13.60	1.61	0.40	1.10
C2-L5	12.60	10.60	0.05	0.10	0.20	0.05	2.80	0.01	0.10	0.70
C2-L6	21.70	129.30	0.05	0.20	0.30	0.05	1.10	0.02	0.20	1.00
C2-L7	24.80	36.20	0.70	0.90	0.70	0.50	24.20	0.77	0.40	0.70
C3-L1	23.60	46.40	0.30	0.60	0.80	0.20	7.80	0.69	0.40	1.00
C3-L2	28.20	55.80	0.20	0.80	0.80	0.20	11.60	1.74	0.40	0.90
C3-L3	32.30	55.90	0.30	0.50	0.80	0.20	53.40	2.52	0.40	0.80
C3-L4	41.50	40.40	0.10	0.30	0.50	0.05	12.70	0.61	0.30	0.25
C3-L5	36.20	48.00	0.20	0.80	0.60	0.20	14.40	3.17	0.50	0.25
C3-L6	21.00	45.80	0.30	1.00	0.80	0.40	25.10	2.30	0.30	0.60
C3-L7	23.20	85.20	0.50	1.20	1.80	0.30	13.40	1.04	0.40	0.25
C3-L8	28.30	54.60	0.30	0.90	1.70	0.30	35.60	0.68	0.30	0.70
C3-L9	15.30	119.60	0.20	4.20	1.90	0.20	13.30	0.51	0.50	0.25
C3-L10	22.30	48.60	0.10	0.30	1.30	0.20	3.80	0.28	0.60	0.25
C3-L11	31.10	81.20	0.20	0.40	0.50	0.05	8.60	0.71	0.30	0.60
C3-L13	19.00	51.50	0.20	1.40	1.80	0.40	13.30	1.24	0.30	0.70
C3-L14	31.80	47.70	0.20	0.40	0.80	0.40	7.30	0.40	0.40	0.60
C3-L15	32.00	25.70	0.05	0.10	0.80	0.10	3.40	0.12	0.30	0.60
C3-L16	31.60	41.60	0.10	0.40	0.60	0.20	4.90	0.35	0.30	0.70
C3-L18	29.30	39.50	0.10	0.50	0.70	0.20	5.60	0.32	0.40	0.90
C3-L19	28.90	48.70	0.20	0.50	0.70	0.30	7.30	0.41	0.30	0.25
C3-L21	30.00	46.70	0.20	0.50	0.60	0.50	8.10	0.82	0.30	0.25
C3-L22	29.20	47.80	0.20	0.70	0.60	0.30	14.10	0.57	0.40	0.70

C3-L23	23.20	63.00	0.20	0.30	1.10	0.05	10.50	0.11	0.40	0.60
C3-L24	23.20	34.70	0.10	0.60	1.00	0.60	18.50	6.19	0.30	0.25
C3-L25	47.50	61.30	0.05	0.40	0.10	0.05	1.10	0.01	0.60	0.25
C3-L26	31.20	40.90	0.10	0.10	0.40	0.05	2.40	0.07	0.40	0.25
C3-L27	26.40	44.60	0.20	0.60	0.70	0.20	8.70	0.30	0.40	0.70
C3-L29	28.50	53.90	0.30	0.20	0.80	0.05	6.80	0.12	0.40	0.25
C3-L30	26.90	44.10	0.05	0.30	0.60	0.05	3.70	0.13	0.30	1.00
C3-L31	25.40	33.80	0.30	0.20	0.40	0.05	2.20	0.09	0.30	0.80
C3-L32	15.60	38.70	0.05	0.30	0.90	0.10	15.10	0.13	0.40	0.25
C3-L33	26.30	58.20	0.10	0.40	1.10	0.20	11.20	0.36	0.30	0.80
C3-L34	20.50	63.20	0.10	0.70	0.90	0.10	4.20	0.47	0.30	0.25
C3-L35	3.80	51.00	0.05	0.20	1.20	0.05	2.10	0.02	0.30	0.25
C1-18A	23.70	89.80	0.30	1.10	1.10	0.10	3.00	0.26	0.40	1.30

## 8.7. ANEXO VII

### Anexo 7 - ACP Geofísica

	M	P	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
1	-27402.030	131326.620	-0.46842	-0.16744	-0.04545	-0.79568	1.60493
2	-27359.230	131305.190	2.46225	-0.39387	2.74561	-0.07128	-1.41180
3	-27373.200	131308.330	4.43926	-1.42404	2.76048	-0.62972	-0.10010
4	-27389.978	131321.903	2.90096	-0.95644	0.51603	-0.72305	1.41517
5	-27379.990	131330.400	-1.77165	0.37974	1.23693	-0.04666	-1.34177
6	-27393.870	131342.550	-3.50032	1.49079	0.49066	-0.81856	0.54862
7	-27397.302	131385.712	1.05652	-0.20830	-0.50312	-0.48866	0.13830
8	-27406.530	131363.720	-5.87307	0.36067	0.50290	-2.31681	0.62563
9	-27404.580	131385.484	-3.90139	1.41520	0.73961	-0.79038	0.19928
10	-27384.185	131393.064	-4.02387	1.32752	0.31918	-0.61982	-1.01074
11	-27363.090	131319.230	-3.08068	-3.04899	-0.90682	-0.65320	-2.34189
12	-27383.332	131341.884	-4.02657	-2.34379	0.43717	-0.91818	1.31871
13	-27416.136	131397.173	-4.24211	1.61072	0.09471	-1.39231	0.61942
14	-27422.050	131426.860	-1.26708	0.99410	-0.70933	-0.47833	-0.84987
15	-27423.520	131480.900	8.20058	0.60586	-0.31204	-1.04058	0.50704
16	-27405.520	131479.720	-2.96986	1.82567	-1.17626	0.66027	1.12033
17	-27382.640	131466.490	-1.65579	0.06066	0.46136	1.56309	0.15794
18	-27357.760	131453.240	-2.18065	1.56204	-0.41865	1.47768	0.37546
19	-27372.629	131439.018	-1.33991	1.16784	-1.51426	-0.59743	-0.22714
20	-27383.521	131453.385	0.49548	1.16951	-0.35846	1.41025	0.58431
21	-27320.757	131437.795	-1.44295	1.31070	-1.18052	1.23263	0.38976
22	-27409.203	131431.579	-0.65940	-8.46876	-1.47750	0.01768	-0.64789
23	-27357.900	131386.370	-1.58270	-4.46591	-0.76275	0.56508	1.69488
24	-27331.770	131450.980	-0.47026	-0.17391	0.48858	3.02063	0.85460
25	-27346.970	131432.120	-0.26613	0.42246	-0.46197	1.62395	-1.10874
26	-27320.450	131381.840	1.14522	0.80089	-0.65943	0.34126	-1.71406
27	-27313.240	131402.770	9.20429	1.79436	-2.98496	-1.16261	0.16501
28	-27308.050	131421.730	6.18878	1.31943	-0.31689	-0.14211	-0.57076
29	-27347.140	131414.120	3.06222	-0.42623	1.38689	1.97233	0.18632
30	-27416.026	131470.741	5.20384	0.24622	-1.55211	-0.00013	-0.31816
31	-27366.772	131362.425	7.64688	-0.44043	2.52682	-0.46848	0.41482
32	-27349.771	131350.461	-3.45046	1.36446	-0.22361	-0.09048	-1.13075
33	-27328.848	131386.907	-3.83300	1.28926	0.85720	0.35961	-0.14687





## 8.8. ANEXO VIII

### Anexo 8 - ACP Geoquímica (coordenadas das amostras nos fatores)

	M	P	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
1	-27424.481	131431.155	14.827	-0.810	2.999	-6.807	-5.498	1.228
2	-27412.705	131413.670	-1.741	1.650	-0.130	-2.235	2.019	3.417
3	-27409.137	131395.471	-5.807	-0.060	0.782	-1.268	-1.644	-1.603
4	-27389.867	131393.687	-3.985	-2.628	-5.100	-0.013	-2.855	4.371
5	-27382.017	131380.484	-3.582	-1.327	-3.699	0.196	-1.356	3.077
6	-27400.929	131372.276	-4.237	5.498	2.724	1.214	-4.594	-0.108
7	-27379.162	131348.011	-2.045	2.300	-7.623	-2.966	-1.117	-0.882
8	-27385.228	131395.114	6.783	-0.953	1.390	0.068	-0.916	1.427
9	-27397.004	131355.148	-0.225	5.536	-3.322	-0.556	0.350	-1.090
10	-27310.292	131402.251	1.470	-1.588	-2.035	2.072	0.229	-1.842
11	-27323.629	131416.008	-2.076	-2.372	-3.311	0.990	-2.914	3.766
12	-27326.720	131399.628	-0.323	-0.609	-1.982	-0.319	-1.601	-1.064
13	-27304.583	131431.869	1.123	-1.583	-1.206	2.863	0.052	-0.832
14	-27357.395	131410.458	-1.473	-1.823	1.481	0.473	0.162	-0.911
15	-27372.739	131429.014	1.205	1.737	-0.452	-0.401	0.202	-0.706
16	-27353.113	131436.864	0.792	-0.686	-0.719	-0.438	0.368	-0.758
17	-27355.611	131458.631	2.083	1.030	0.000	0.336	-0.458	-1.202
18	-27404.141	131455.420	-2.100	-3.400	2.377	-6.658	0.001	-1.638
19	-27341.694	131420.450	0.492	-1.681	-1.196	1.672	-0.336	0.610
20	-27347.760	131420.806	1.371	-3.382	-0.416	2.743	-0.687	1.049
21	-27362.034	131420.806	0.277	-1.139	-2.287	0.358	-0.393	-0.422
22	-27379.519	131429.371	1.881	0.358	-0.322	-0.345	-0.078	-0.670
23	-27398.431	131466.125	2.209	-0.158	-0.765	-0.786	-0.079	-0.606
24	-27340.980	131457.204	0.839	-2.121	-2.197	0.274	0.038	-1.106
25	-27363.104	131349.796	-0.985	-3.085	-1.273	-0.074	-0.099	-0.293
26	-27335.271	131356.219	-3.650	0.446	1.179	-1.566	-1.362	-2.261
27	-27344.549	131336.949	-0.416	-0.765	-0.890	-1.653	0.769	0.741
28	-27387.369	131313.398	1.701	-0.242	0.143	0.974	0.515	-0.221
29	-27367.030	131315.182	2.128	-1.588	1.356	1.303	0.952	0.466
30	-27304.583	131365.140	-3.625	1.545	3.734	2.630	-2.607	-0.688
31	-27392.008	131346.941	-0.923	5.294	-2.881	-1.420	1.444	0.412
32	-27337.740	131353.000	-1.525	1.938	3.637	0.346	-1.456	-1.361
33	-27355.730	131355.170	-8.820	-3.773	0.605	-2.628	0.907	-0.994
34	-27341.920	131335.030	1.608	1.177	-0.054	-0.432	0.308	-0.428
35	-27346.880	131340.080	-0.145	3.802	1.176	0.975	1.336	0.182
36	-27357.310	131398.210	-0.224	-4.752	-0.219	-1.083	1.554	0.232
37	-27359.370	131392.230	1.198	-3.923	-0.436	2.762	-0.840	1.433
38	-27383.332	131341.884	2.448	7.306	-2.163	-0.786	0.045	-1.398
39	-27402.030	131326.620	0.133	-0.314	-0.742	-0.150	-0.022	0.074
40	-27359.230	131305.190	2.028	-0.127	1.307	1.414	1.384	0.209
41	-27373.200	131308.330	1.887	2.462	1.769	0.535	2.626	1.406
42	-27389.978	131321.903	2.133	-1.554	-0.962	0.084	1.111	-0.263
43	-27379.990	131330.400	1.942	1.089	2.464	0.865	2.385	1.443
44	-27393.870	131342.550	-0.292	5.084	-2.972	-0.501	1.806	1.286
45	-27397.302	131385.712	-1.980	2.912	1.596	-0.123	-0.772	1.042
46	-27406.530	131363.720	0.665	4.652	0.170	-0.257	0.283	-0.758
47	-27404.580	131385.484	-7.189	3.267	5.880	2.832	-4.330	1.232
48	-27384.185	131393.064	-3.143	-1.345	3.237	0.386	0.550	0.083
49	-27363.090	131319.230	2.328	-1.165	1.567	1.384	1.015	0.338
50	-27416.136	131397.173	-2.178	2.673	-0.151	-1.160	0.316	1.046
51	-27422.050	131426.860	3.671	0.585	1.496	0.553	-0.055	0.218
52	-27423.520	131480.900	2.894	-3.145	1.992	-2.348	0.173	-0.355
53	-27405.520	131479.720	3.991	-0.480	0.159	-0.822	-0.064	-0.348
54	-27382.640	131466.490	2.864	-0.517	0.673	0.066	0.001	-0.602
55	-27357.760	131453.240	1.457	0.567	-0.139	1.250	1.086	-0.196

56	-27372.629	131439.018	1.758	1.223	0.354	0.464	1.283	0.706
57	-27383.521	131453.385	2.600	0.986	0.581	0.069	0.357	-0.174
58	-27320.757	131437.795	-0.677	-1.279	0.640	-0.243	0.369	-0.637
59	-27409.203	131431.579	-1.798	2.653	3.856	-1.944	4.761	3.969
60	-27357.900	131386.370	1.992	-3.800	2.217	3.930	0.602	0.056
61	-27331.770	131450.980	1.307	-2.621	0.802	1.304	1.246	-0.096
62	-27346.970	131432.120	0.547	0.134	-0.390	0.201	0.528	-0.698
63	-27320.450	131381.840	0.699	0.615	-1.449	1.958	0.465	-1.440
64	-27313.240	131402.770	1.474	-1.197	-1.403	3.424	0.485	-1.432
65	-27308.050	131421.730	1.612	0.546	-2.173	3.349	0.504	-2.503
66	-27347.140	131414.120	-5.015	-0.669	1.590	-1.598	0.993	-1.415
67	-27416.026	131470.741	1.481	-1.229	-0.530	-2.507	0.528	-0.900
68	-27366.772	131362.425	-4.464	-0.866	1.576	-0.300	1.144	0.695
69	-27349.771	131350.461	-8.662	-4.376	-0.010	-3.190	1.165	-1.169
70	-27328.848	131386.907	-0.590	0.064	-1.911	1.261	-2.289	-0.143

## 8.9. ANEXO IX

### Anexo 9 - Integração dos dados Geoquímicos e Geofísicos (Fatores da geoquímica mais variáveis principais resultantes da ACP da Geofísica)

	M	P	FGeoq1	FGeoq2	FGeoq3	FGeoq4	FGeoq5	FGeoq6
39	-27402.030	131326.620	0.133	-0.314	-0.742	-0.150	-0.022	0.074
40	-27359.230	131305.190	2.028	-0.127	1.307	1.414	1.384	0.209
41	-27373.200	131308.330	1.887	2.462	1.769	0.535	2.626	1.406
42	-27389.978	131321.903	2.133	-1.554	-0.962	0.084	1.111	-0.263
43	-27379.990	131330.400	1.942	1.089	2.464	0.865	2.385	1.443
44	-27393.870	131342.550	-0.292	5.084	-2.972	-0.501	1.806	1.286
45	-27397.302	131385.712	-1.980	2.912	1.596	-0.123	-0.772	1.042
46	-27406.530	131363.720	0.665	4.652	0.170	-0.257	0.283	-0.758
47	-27404.580	131385.484	-7.189	3.267	5.880	2.832	-4.330	1.232
48	-27384.185	131393.064	-3.143	-1.345	3.237	0.386	0.550	0.083
49	-27363.090	131319.230	2.328	-1.165	1.567	1.384	1.015	0.338
L12	-27383.332	131341.884	2.448	7.306	-2.163	-0.786	0.045	-1.398
50	-27416.136	131397.173	-2.178	2.673	-0.151	-1.160	0.316	1.046
51	-27422.050	131426.860	3.671	0.585	1.496	0.553	-0.055	0.218
52	-27423.520	131480.900	2.894	-3.145	1.992	-2.348	0.173	-0.355
53	-27405.520	131479.720	3.991	-0.480	0.159	-0.822	-0.064	-0.348
54	-27382.640	131466.490	2.864	-0.517	0.673	0.066	0.001	-0.602
55	-27357.760	131453.240	1.457	0.567	-0.139	1.250	1.086	-0.196
56	-27372.629	131439.018	1.758	1.223	0.354	0.464	1.283	0.706
57	-27383.521	131453.385	2.600	0.986	0.581	0.069	0.357	-0.174
58	-27320.757	131437.795	-0.677	-1.279	0.640	-0.243	0.369	-0.637
59	-27409.203	131431.579	-1.798	2.653	3.856	-1.944	4.761	3.969
60	-27357.900	131386.370	1.992	-3.800	2.217	3.930	0.602	0.056
61	-27331.770	131450.980	1.307	-2.621	0.802	1.304	1.246	-0.096
62	-27346.970	131432.120	0.547	0.134	-0.390	0.201	0.528	-0.698
63	-27320.450	131381.840	0.699	0.615	-1.449	1.958	0.465	-1.440
64	-27313.240	131402.770	1.474	-1.197	-1.403	3.424	0.485	-1.432
65	-27308.050	131421.730	1.612	0.546	-2.173	3.349	0.504	-2.503
66	-27347.140	131414.120	-5.015	-0.669	1.590	-1.598	0.993	-1.415
67	-27416.026	131470.741	1.481	-1.229	-0.530	-2.507	0.528	-0.900
68	-27366.772	131362.425	-4.464	-0.866	1.576	-0.300	1.144	0.695
69	-27349.771	131350.461	-8.662	-4.376	-0.010	-3.190	1.165	-1.169
70	-27328.848	131386.907	-0.590	0.064	-1.911	1.261	-2.289	-0.143



	V1-IS	V2-MA	V5-DP	V8-MIME	V9-WISE	V13-A	V14-MG
39	176.94	519.25	64.43	51.71	-337.22	1.15	0.07
40	132.65	893.40	72.27	86.04	239.77	1.11	0.04
41	147.86	1199.07	69.76	-27.64	0.00	1.13	0.03
42	230.74	909.21	73.28	-64.99	-183.59	1.09	0.04
43	114.28	432.21	45.19	57.47	-3.20	1.06	0.09
44	42.46	306.33	12.15	-8.02	-102.73	1.01	0.13
45	222.34	657.41	76.21	-89.26	-90.85	1.00	0.06
46	56.16	188.06	25.20	-36.66	-40.90	1.20	0.21
47	40.38	283.54	12.70	10.39	-73.14	1.03	0.14
48	23.69	284.36	20.90	-35.58	-45.24	1.04	0.14
49	35.22	363.97	123.19	-219.70	-48.93	1.82	0.12
L12	202.61	242.91	67.50	-39.25	-2.11	1.49	0.16
50	19.09	272.44	14.71	-25.36	-192.08	1.04	0.15
51	74.10	467.71	35.25	-51.74	-228.08	1.10	0.08
52	204.82	1478.78	77.48	54.12	-154.94	1.07	0.05
53	59.81	306.05	17.18	-11.39	-271.43	1.02	0.13
54	65.96	474.41	39.11	-49.10	-46.56	1.21	0.08
55	27.57	414.01	18.09	-25.77	-172.28	1.09	0.09
56	97.50	538.57	40.50	-55.49	-271.43	1.06	0.15
57	74.68	656.89	29.03	-29.16	-194.53	1.08	0.06
58	73.33	458.54	30.70	-42.93	-324.97	1.06	0.09
59	272.24	529.22	275.81	-492.08	83.35	2.14	0.09
60	329.64	408.13	133.06	-178.55	-144.01	1.59	0.10
61	156.25	431.90	47.08	8.36	65.60	1.13	0.04
62	141.75	520.34	45.13	-40.96	-41.09	1.03	0.08
63	77.46	722.21	47.89	-65.36	-240.14	1.04	0.05
64	160.36	1506.05	65.37	-82.08	-431.65	1.03	0.03
65	140.44	1258.15	52.18	48.30	-226.19	1.05	0.03
66	191.93	889.14	53.06	-22.56	163.24	1.02	0.04
67	174.31	1102.19	81.29	-123.79	-268.79	1.03	0.04
68	180.90	1529.90	62.43	-47.28	227.33	1.07	0.03
69	40.52	317.56	25.25	-42.60	-132.89	1.03	0.13
70	43.17	288.24	12.37	-1.23	32.99	1.02	0.13

## 8.10. ANEXO X

### Anexo 10 - ACP da Integração dos dados Geoquímicos e Geofísicos

	M	P	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1	-27402.030	131326.620	-0.64349	-0.64852	0.58165	-0.06087
2	-27359.230	131305.190	0.35551	-1.04228	-1.18717	0.19409
3	-27373.200	131308.330	1.38501	-1.06859	-0.57012	-0.44718
4	-27389.978	131321.903	0.45889	-2.03802	0.51702	-0.33548
5	-27379.990	131330.400	0.33626	0.52126	-0.52342	0.00352
6	-27393.870	131342.550	-1.05497	1.75155	1.12154	-1.86681
7	-27397.302	131385.712	0.69404	0.13909	-0.93315	0.28831
8	-27406.530	131363.720	-1.04940	2.81257	1.14071	-0.50592
9	-27404.580	131385.484	-1.57414	3.20426	-2.84893	3.25193
10	-27384.185	131393.064	-0.73279	1.76100	-1.42891	0.43512
11	-27363.090	131319.230	2.40554	1.22978	1.29530	1.22771
12	-27383.332	131341.884	0.12348	1.57948	2.33233	-0.95210
13	-27416.136	131397.173	-1.16242	2.23372	0.06357	-0.98185
14	-27422.050	131426.860	-0.61146	0.24787	0.67212	0.62930
15	-27423.520	131480.900	0.20095	-2.49389	-1.04657	-0.63645
16	-27405.520	131479.720	-1.56550	0.60585	1.09733	-0.26419
17	-27382.640	131466.490	-0.49451	0.12889	0.32737	0.18318
18	-27357.760	131453.240	-1.14506	0.43570	0.72317	0.07971
19	-27372.629	131439.018	-0.38932	0.83932	1.02920	-0.13275
20	-27383.521	131453.385	-0.78231	-0.34040	0.43171	-0.05118
21	-27320.757	131437.795	-1.09123	-0.01872	0.17374	-0.06232
22	-27409.203	131431.579	8.98824	1.72665	0.38115	-0.66114
23	-27357.900	131386.370	2.81097	-0.90206	0.94221	2.91429
24	-27331.770	131450.980	0.11827	-0.87101	-0.62680	0.41529
25	-27346.970	131432.120	-0.49866	-0.35875	0.04442	-0.30065
26	-27320.450	131381.840	-1.18642	-1.06849	1.02776	0.32477
27	-27313.240	131402.770	-0.75045	-3.32887	1.19320	1.18209
28	-27308.050	131421.730	-1.63907	-2.89278	1.08047	0.71234
29	-27347.140	131414.120	0.26786	-0.92165	-2.46222	-1.15439
30	-27416.026	131470.741	0.27689	-2.01505	0.26153	-1.32403
31	-27366.772	131362.425	1.23602	-1.53219	-2.94155	-0.65406
32	-27349.771	131350.461	-1.11803	0.99914	-1.87872	-2.02156
33	-27328.848	131386.907	-2.16872	1.32518	0.01007	0.57127

*Texto escrito conforme o Acordo Ortográfico - convertido pelo Lince.*